

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**CARRERA DE INGENIERIA ELÉCTRICA**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
ELÉCTRICO**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA 5  
LÍNEAS DE PRODUCCIÓN DE TUBERÍAS PARA LA FÁBRICA TIGRE  
S.A. QUITO-ECUADOR”**

**AUTORES: DANIEL A. AGUILAR M., GALO S. BECERRA G.**

**DIRECTOR: ING. VINICIO TAPIA**

**Quito, Enero del 2011**

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Daniel Alejandro Aguilar Masson y Galo Santiago Becerra Gordón, declaramos bajo juramento que el trabajo descrito en el presente documento es de nuestra autoría y ha sido realizado acorde a los reglamentos de propiedad intelectual y acorde a las exigencias propias de la Universidad Politécnica Salesiana según la normatividad institucional vigente.

El proyecto implementado consta de un sistema particular con sus características y delimitaciones especiales, para lo cual, hemos consultado documentos cuyas referencias bibliográficas se incluyen en este documento.

---

Galo Santiago Becerra Gordón

---

Daniel Alejandro Aguilar Masson

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Daniel Alejandro Aguilar Masson y Galo Santiago Becerra Gordón, bajo mi supervisión.

---

Ing. Vinicio Tapia Calvopiña  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## **AGRACEDIMIENTOS**

Al Ing. Edwin Ibarra por la confianza depositada en nosotros y la oportunidad brindada para la realización de este proyecto.

A los ingenieros Héctor Lara y Germán Albaracín por la apertura brindada el apoyo, y la calidez en el entorno de trabajo.

Al Ing. Benigno Santos por la extrema paciencia y sus conocimientos compartidos a lo largo del colegio y la universidad.

Al Ing. Vinicio Tapia por la labor conjunta y el esfuerzo adicional brindado durante la realización de este proyecto.

A todo el personal de la planta de producción Tigre S.A. por la colaboración brindada.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a todas las personas que de una u otra forma me brindaron el soporte necesario para lograr culminar mis estudios universitarios, a mis madres quienes me han dado su paciencia y amor día a día, a mi familia y mis amigos.

Y finalmente al amigo incondicional que me ha acompañado en el trajín universitario “Don Bosquito”.

Daniel Aguilar.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo y todo el esfuerzo que este representa a mis padres María Elena Gordón y Galo H. Becerra por su apoyo incondicional y permanente, a todos mis amigos con los que pasamos largas noches de estudio y en especial lo dedico a Mami Blanqui y Papito Viche por ser mi mayor referencia de esfuerzo y sacrificio.

Galo S. Becerra.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS

DEDICATORIA

ÍNDICE

RESUMEN

REDES Y SISTEMAS DE INTEGRACIÓN INDUSTRIAL .....	1
1.1. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES.....	1
1.1.1. UBICACIÓN Y GEO REFERENCIACIÓN .....	1
1.1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.1.3. MISIÓN .....	2
1.1.4. VISIÓN .....	2
1.1.5. ORGANIZACIÓN .....	2
1.1.6. ORGANIGRAMA .....	3
1.1.7. PROCESO PRODUCTIVO .....	4
1.1.7.1. Esquema General De La Línea De Producción .....	6
1.1.7.2. Materia Prima .....	7
1.1.7.2.1. Polietileno (PE).....	7
1.1.7.2.2. Polipropileno (PP).....	7
1.1.7.2.3. Policloruro de Vinilo (PVC).....	7
1.1.7.3. Mezclado.....	8
1.1.7.4. Extrusión.....	9
1.1.7.5. Cabezal.....	10
1.1.7.6. Enfriamiento .....	11
1.1.7.7. Arrastre .....	12
1.1.7.8. Corte.....	13
1.1.7.9. Acampanado .....	14

1.2.	INTRODUCCIÓN.....	15
1.3.	SISTEMAS SCADA .....	17
1.3.1.	DEFINICIÓN.....	17
1.3.2.	ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	17
1.3.2.1.	Interfaz Hombre – Máquina (HMI) .....	17
1.3.2.2.	Unidad Terminal Maestra (MTU).....	17
1.3.2.3.	Unidad Terminal Remota (RTU).....	18
1.3.2.4.	Sistema de Comunicaciones .....	18
1.3.2.5.	Esquema Básico de un Sistema SCADA.....	19
1.3.3.	GENERALIDADES DEL SISTEMA SCADA.....	20
1.4.	REDES INDUSTRIALES.....	22
1.4.1.	TOPOLOGIAS DE RED .....	22
1.4.1.1.	Definición .....	22
1.4.1.2.	Estructuras Básicas .....	22
1.4.1.2.1.	Red de bus lineal.....	22
1.4.1.2.2.	Red en estrella.....	24
1.4.1.2.3.	Red en anillo .....	26
1.4.2.	Redes Avanzadas .....	27
1.4.2.1.	Certificación Wi-Fi.....	27
1.4.2.2.	Estructura IWLAN.....	28
1.4.2.2.1.	Redes Ad hoc .....	29
1.4.2.2.2.	Redes de Infraestructura .....	29
1.4.2.2.3.	Redes Independientes (standalone).....	29
1.5.	PROTOCOLO ETHERNET INDUSTRIAL .....	31
1.5.1.	Norma IEEE 802.3.....	31
1.5.2.	Arquitectura Ethernet Industrial.....	32
1.5.2.1.	Protocolos del Modelo TCP/IP .....	33



1.5.2.1.1.	Capa de Aplicación.....	33
1.5.2.1.2.	Capa de Transporte .....	34
1.5.2.1.3.	Capa de Internet.....	34
1.5.2.1.4.	Capa de Acceso a la Red.....	35
1.5.2.2.	Métodos de Acceso.....	35
1.5.2.2.1.	Mecanismo de conmutación .....	35
1.5.2.2.2.	Guardar y Reenviar (Store and forward) .....	36
1.5.2.2.3.	Corte Hasta (Cut through).....	36
1.5.3.	Control de acceso al medio .....	37
1.5.4.	Medios de Transmisión.....	39
1.5.4.1.	Par Trenzado (TP).....	40
1.5.4.2.	Fibra Óptica .....	41
1.5.4.3.	Transmisión Inalámbrica .....	42
CAPITULO II .....		43
DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA RED .....		43
2.1.	LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO.....	43
2.1.1.	Sistema de Comunicaciones PLC – Panel de Operador.....	44
2.2.	MEDICIÓN DE VARIABLES .....	45
2.2.1.	Medición de Temperatura .....	45
2.2.2.	Medición de Presión.....	46
2.2.3.	Medición de Longitud.....	47
1.5.4.4.	Funcionamiento del <i>encoder</i> .....	47
2.3.	Diseño de la red de comunicaciones .....	48
2.3.1.	Diseño de la topología de Red .....	48
2.3.2.	Selección de equipos .....	50
2.3.2.1.	Procesador de comunicaciones .....	50
2.3.2.2.	Conductor eléctrico.....	51

2.3.2.3.	Conectores RJ45 .....	52
2.3.2.4.	Enrutador .....	53
2.3.2.5.	Unidad terminal maestra (MTU) .....	54
2.4.	Implementación de la red .....	55
2.4.1.	Descarga de respaldo del software de los PLCs.....	55
2.4.2.	Instalación y configuración de los procesadores de comunicaciones ..	60
2.4.2.1.	Instalación del módulo de comunicaciones CP343-1 Lean .....	60
2.4.2.2.	Configuración del módulo de comunicaciones CP 343-1 Lean ...	62
2.4.3.	Preparación de los cables de red e instalación .....	68
2.4.4.	Instalación del Adaptador inalámbrico de escritorio D-Link® n 150 DWA-525 .....	69
2.4.5.	Configuración del enrutador .....	72
2.5.	Pruebas de comunicación .....	75
2.5.1.	Verificación de estaciones Ethernet .....	75
2.5.2.	Acceso remoto S7-Online .....	77
CAPITULO III.....		79
INTERFAZ GRÁFICA.....		79
3.1.	SERVIDOR OPC .....	79
3.1.1.	Generalidades .....	79
3.1.2.	Acceso de datos OPC .....	81
3.1.3.	Arquitectura y Componentes OPC.....	82
3.2.	DESARROLLO DE LA INTERFAZ DE PRUEBAS .....	85
3.2.1.	Selección del Servidor OPC.....	85
3.2.2.	Vinculación de Variables .....	86
3.2.2.1.	Identificación de variables .....	86
3.2.2.1.1.	Variables físicas .....	86
3.2.2.1.2.	Variables lógicas.....	87

3.2.2.2.	Configuración del servidor OPC de National Instruments .....	88
3.2.2.2.1.	Configuración del Canal .....	88
3.2.2.2.2.	Configuración del dispositivo .....	91
3.2.2.2.3.	Creación de Ítems OPC.....	94
3.2.3.	Interfaz de Pruebas .....	98
3.2.3.1.	OPC Quick Client de National Instruments®.....	98
3.2.3.2.	Interfaz de pruebas en LabVIEW .....	99
3.3.	Desarrollo de la Interfaz HMI en LabVIEW .....	106
3.3.1.	Creación de Librerías y Variables.....	106
3.3.2.	Configuraciones Especiales de Variables .....	107
3.3.2.1.	Función de escalamiento.....	107
3.3.2.2.	Habilitación de alarmas .....	108
3.3.3.	Creación de Pantallas .....	108
3.3.3.1.	Carátula.....	109
3.3.3.2.	Usuarios .....	110
3.3.3.3.	Administrador .....	111
3.3.3.4.	Menú Principal del sistema.....	112
3.3.3.5.	Línea de producción.....	113
3.3.3.5.1.	Menú principal de línea .....	113
3.3.3.5.2.	Principal.....	114
3.3.3.5.3.	Jalador.....	115
3.3.3.5.4.	Resumen de Velocidades .....	116
3.3.3.5.5.	Cargador.....	116
3.3.3.5.6.	Zonas de calentamiento .....	117
3.3.3.5.7.	Temperaturas .....	120
3.3.3.5.8.	Indicador de fecha y hora.....	122
3.3.3.5.9.	Indicadores de estado de los equipos.....	122

3.3.3.5.10. Gráficos de tendencia.....	123
3.3.3.5.11. Alarmas.....	124
3.4. Puesta en Marcha del Sistema .....	126
CAPITULO IV .....	129
MANUAL DE OPERACION .....	129
4.1. ENTORNO DE APLICACIÓN LabVIEW™ .....	129
4.1.1. Base de datos Citadel .....	130
4.2. CONTROL DE INGRESO .....	132
4.2.1. Indicadores .....	132
4.3. ESTABLECIMIENTO DE VARIABLES .....	134
4.3.1. Indicadores .....	135
4.4. ESTABLECIMIENTO DE VALORES PARA VARIABLES DE CONTROL.....	136
4.4.1. Ingreso de valores óptimos (Set Point) .....	136
4.4.2. Variables Booleanas de Control.....	138
4.5. MONITOREO DE VARIABLES .....	139
4.5.1. Monitoreo de Variables Analógicas.....	140
4.5.2. Monitoreo de Variables Booleanas .....	140
4.6. GENERACIÓN DE CURVAS DE TENDENCIA .....	142
4.6.1. Indicadores .....	143
4.7. GENERACIÓN DE SEÑALES DE ALARMA .....	144
4.8. ACCIONES CORRECTIVAS .....	145
CAPITULO V .....	146
ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO .....	146
5.1. COSTOS DE INVERSIÓN .....	146
5.2. BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN.....	147
5.2.1. Análisis de Ganancias de Producción .....	147

5.2.2.	Cálculos.....	148
5.2.1.1.	Análisis para la línea de producción 6.....	148
5.2.1.2.	Análisis para la línea de producción 4.....	152

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **ANEXOS**

## **RESUMEN**

El proyecto implementado es un sistema SCADA cuyo objetivo fundamental es el control y monitoreo centralizado desde una sola estación maestra que permita visualizar mediante una interfaz, el estado de las variables principales tanto análogas como digitales, de cada uno de los componentes de las líneas de producción de tubería.

Dicha implementación ha sido realizada fundamentada en un estudio de las características constructivas y operativas de las maquinarias tanto en lo referente al hardware como al software. Mediante este estudio se ha podido diseñar una topología de red que satisfaga las necesidades de confiabilidad en la transmisión y recepción de datos en cuanto a la velocidad y ancho de banda.

Complementariamente, se ha realizado una interfaz gráfica mediante la plataforma de desarrollo LabVIEW; dicha interfaz incluye diagramas mímicos de la línea de producción, así como pantallas de curvas de tendencia, generación de archivos históricos y administración de señales de alarma.

Finalmente y con objeto de orientar a las personas encargadas del manejo del sistema, se ha creado un manual de operación de usuario, que describe los procedimientos necesarios para la configuración y monitoreo de las variables y la gestión con el personal de mantenimiento de la fábrica a fin de evitar fallas o deficiencia de calidad en el producto terminado y accidentes que puedan poner en riesgo la integridad tanto de los operadores como de la maquinaria.

El proyecto ha sido desarrollado e implementado como un plan piloto en la empresa Ecuatigre S.A., ya que establece una plataforma sobre la cual se integrarán sistemas adicionales que permitan a la empresa llevar controles más finos en cuanto a la optimización de los recursos con los que actualmente cuenta.

# **CAPITULO I**

## **REDES Y SISTEMAS DE INTEGRACIÓN INDUSTRIAL**

### **1.1. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES**

#### **1.1.1. UBICACIÓN Y GEO REFERENCIACIÓN**

La fábrica TIGRE ECUADOR S.A. ECUATIGRE se encuentra situada en la ciudad de Quito en la parroquia de Calderón, en el barrio El arenal, en la calle Panamericana norte No.12 dentro del parque industrial Delta.



**Figura N° 1.1** Ubicación geográfica de la planta Tigre S.A.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Referencia satelital de Google *Earth* ® 2010.

### **1.1.2. ANTECEDENTES**

TIGRE S.A. ECUATIGRE consta de dos galpones industriales con una superficie total de 600 m<sup>2</sup>. Inició sus actividades en el año 2006 importando y comercializando accesorios de PVC fabricados por otras empresas TIGRE.

Para el segundo semestre del año 2007 inicia sus actividades productivas fabricando productos de primera calidad y bajo estricto cumplimiento de las normas de fabricación para asegurar al cliente un producto de alta confiabilidad.

### **1.1.3. MISIÓN**

Promover el desarrollo sostenible del hábitat humano.

### **1.1.4. VISIÓN**

Ser líder en el mercado de tubos y conexiones de América Latina.

### **1.1.5. ORGANIZACIÓN**

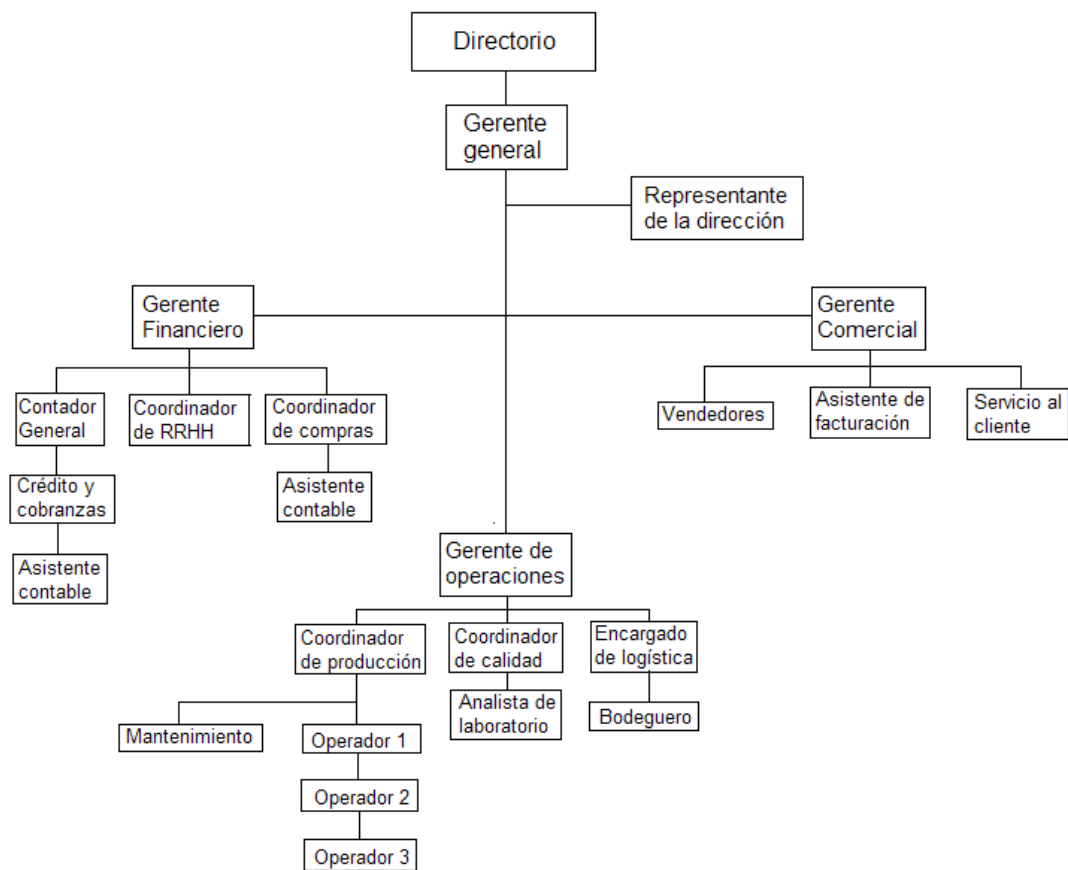
TIGRE ECUADOR S.A. ECUATIGRE es una empresa que forma parte de la organización multinacional brasilera Tigre S.A; organización comprometida con el desarrollo sostenible y guiada por sólidos valores empresariales y culturales, lo cual constituye una garantía para cada uno de los procesos realizados en la empresa.

La empresa consta con un total de población trabajadora de 77 personas. 71 hombres y 7 mujeres, dentro de los departamentos de administración y comercial en horario de 8h30 a 17h30 y producción en horario de 7h00 a 19h00.



### 1.1.6. ORGANIGRAMA

Estructura de la empresa:



**Figura N° 1.2** Esquema organizacional de la empresa Tigre S.A.

### **1.1.7. PROCESO PRODUCTIVO**

TIGRE ECUADOR S.A. ECUATIGRE tiene implementados procesos productivos para transformar materias primas plásticas en tubos y conexiones.

La fabricación de tubos de PVC comienza en la preparación de diferentes compuestos de PVC, los que son transformados en tubos en líneas de extrusión, que están conformadas por máquinas extrusoras, moldes, tanques de enfriamiento, rotuladores, sierras de corte y máquinas de acabado.

La fabricación de tubos de PP y PE se realiza en líneas de extrusión similares a partir de materias primas adquiridas listas para ingresar al proceso de extrusión.

Las conexiones de PVC fabricadas en las instalaciones industriales de TIGRE ECUADOR S.A. ECUATIGRE se realizan en máquinas inyectoras.



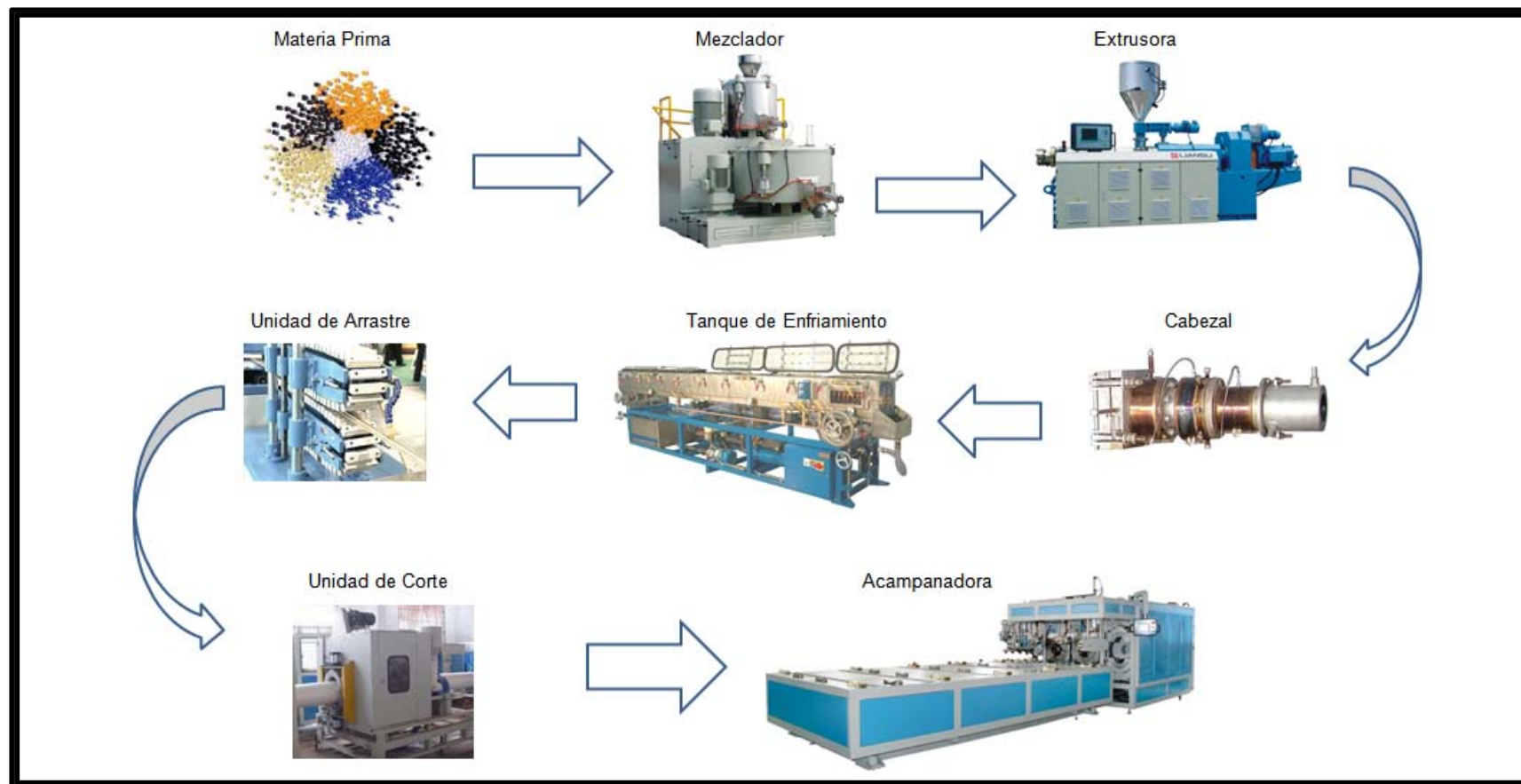
**Figura N° 1.3** Fotografía de la vista panorámica de planta de producción

Las líneas de productos que se fabrica en TIGRE ECUADOR S.A. ECUATIGRE son:

- |  |                  |
|--|------------------|
| - Tubos de PVC para desagüe  | NORMA INEN 1374  |
| - Tubos de PVC para ventilación  | NORMA INEN 2474  |
| - Tubos de PVC para presión  | NORMA INEN 1373  |
| - Tubos de PVC para presión unión por rosca                                  | NORMA INEN 2497  |
| - Tubos de PP  | NORMA IRAM 13473 |
| - Tubos de PE  | NORMA ISO 4427   |
| - Tubos de PE  | NORMA INEN 1744  |
| - Tubos de PVC especiales, según requerimiento y especificación del cliente. |                  |
| - Conexiones de PVC para aplicaciones de desagüe.                            |                  |

TIGRE ECUADOR S.A. ECUATIGRE adicionalmente desarrolla actividades comerciales de importación y distribución de productos que complementan la producción nacional.

### 1.1.7.1. Esquema General De La Línea De Producción



**Figura N° 1.4** Esquema general de la línea de producción

### **1.1.7.2. Materia Prima**

#### *1.1.7.2.1. Polietileno (PE)<sup>2</sup>*

Es químicamente el polímero más simple, más barato e inerte, por lo que constituye uno de los plásticos más comunes utilizados en la industria. Se obtiene de la polimerización del etileno del que deriva su nombre.

#### *1.1.7.2.2. Polipropileno (PP)<sup>3</sup>*

Es un polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis<sup>4</sup> y ácidos.

#### *1.1.7.2.3. Policloruro de Vinilo (PVC)<sup>5</sup>*

Es un polímero termoplástico. Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80 °C y se descompone sobre 140 °C. Cabe mencionar que es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo. Es un muy buen material dieléctrico, además posee una alta resistencia al fuego.

---

<sup>2</sup> Wikipedia, Polietileno, 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/Polietileno>

<sup>3</sup> Wikipedia, Polipropileno, 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/Polipropileno>

<sup>4</sup> Se refiere a óxidos, hidróxidos y carbonatos de los metales alcalinos

<sup>5</sup> Wikipedia, Policloruro de vinilo, 2011, [http://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro\\_de\\_vinilo](http://es.wikipedia.org/wiki/Policloruro_de_vinilo)

### **1.1.7.3. Mezclado**

Los componentes de materia prima antes mencionados en conjunto con componentes adicionales tales como colorantes, aditivos y catalizadores son introducidos en la máquina de mezclado en proporciones definidas según recetas de formulación dependiendo del tipo de producto a fabricar, dichos productos requieren a más de proporciones específicas condiciones de temperatura y humedad especiales que son determinadas el momento de configuración de la máquina. Adicionalmente se definen tiempos durante los cuales se realiza la mezcla.



**Figura N° 1.5** Fotografía del mezclador de materia prima de la planta.



#### 1.1.7.4. Extrusión

El material es distribuido hacia el tornillo de extrusión mediante un alimentador, el cual consta de un tornillo pequeño que alimenta el material de manera constante, el tornillo cónico de extrusión impulsa el material hacia el cabezal, el material es calentando de manera uniforme mediante resistencias eléctricas, las cuales se encuentran en el exterior del tornillo, mediante este procedimiento se logra fundir, comprimir y plastificar el material en el núcleo del tornillo, para obtener una masa plástica homogénea lista para ser moldeada dentro del cabezal.

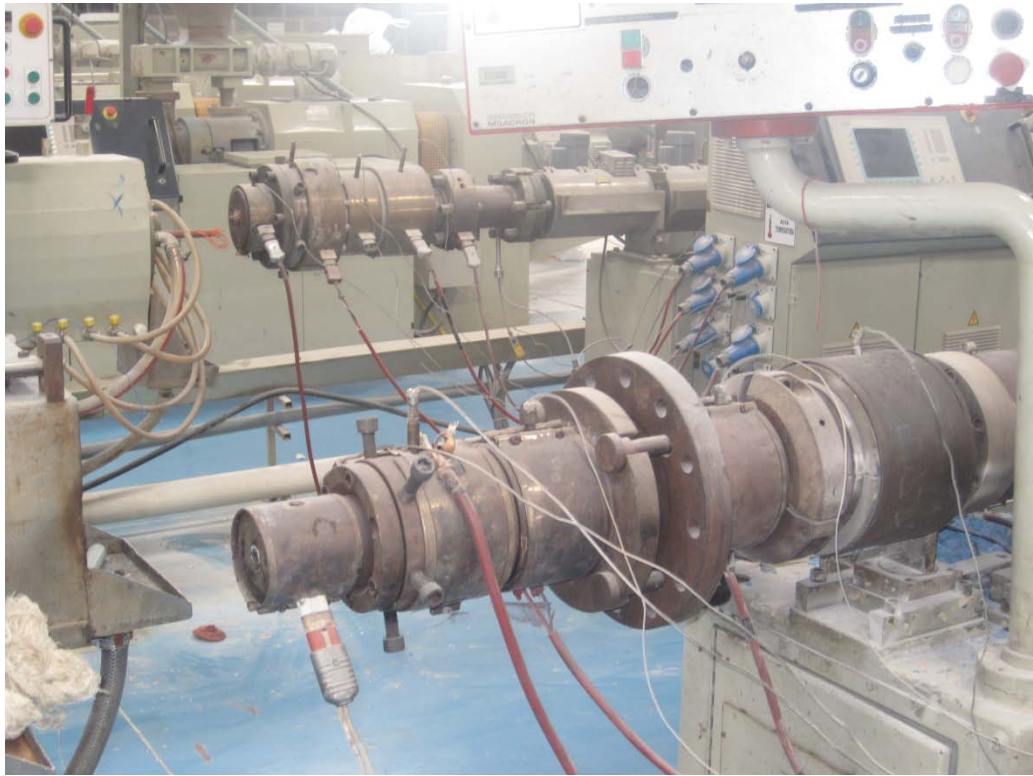


**Figura N° 1.6** Fotografía de la extrusora simple de tornillo cónico.

#### **1.1.7.5. Cabezal**

El cabezal es una parte importante en el moldeo de un producto específico consta de un tambor de acero con compartimentos dentro de los cuales entra el material y anillos de resistencias exteriores que calientan el material hasta lograr las condiciones propicias para el moldeo final.

Este elemento varía en su estructura y cantidad de resistencias dependiendo del producto que se vaya a fabricar dentro de la gama de productos que fabrica Tigre Ecuador S.A. cuyas características variables principales son espesores y diámetros.



**Figura N° 1.7** Fotografía de los cabezales de extrusión



#### **1.1.7.6. Enfriamiento**

Para el enfriamiento de la tubería se utilizan rociadores de agua a baja temperatura y alta presión, que se encuentran ubicados dentro de tanques los cuales poseen un sistema de ductos que se encargan de reciclar el agua rociada y mediante un sistema de bombas de vacío se enfría nuevamente, este sistema de enfriamiento es soportado también por un enfriador de agua externo, continuando con el ciclo.



**Figura N° 1.8** Fotografía de los tanques de enfriamiento por rocío.

#### **1.1.7.7. Arrastre**

El siguiente paso en la línea de producción, constituye un sistema de arrastre el cual consta de un conjunto de orugas de goma ubicados sobre y debajo del paso de la tubería, las cuales pueden juntarse o separarse dependiendo del diámetro y espesor de la tubería, este sistema de arrastre es muy importante dentro del proceso ya que define parámetros importantes como la elongación del tubo y el tiempo que permanece el mismo calentándose y enfriándose, el sistema de arrastre es ininterrumpido mientras la máquina se encuentra produciendo.



**Figura N° 1.9** Fotografía de la unidad de arrastre

#### 1.1.7.8. Corte

En el proceso de corte dependiendo del diámetro de tubería se tienen dos procedimientos, el primero consiste en un corte sencillo donde la sierra corta transversalmente, este corte es utilizado en tuberías de diámetros pequeños. El segundo procedimiento consiste en un corte que se realiza secuencialmente de manera tangencial al tubo para evitar un incremento excesivo de presión en el elemento de corte y asegurar un corte exacto de la tubería.



**Figura N° 1.10** Fotografía de la unidad de corte y biselado.

#### **1.1.7.9. Acampanado**

El último procedimiento que se realiza en la línea de producción de tuberías es el llamado acampanado, que inicia cuando la tubería está cortada en segmentos de longitudes específicas según el producto, estos segmentos entran en hornos calentadores parciales, que calientan nuevamente un extremo de la tubería a fin de ablandarla, cuando se encuentra caliente, un par de mordazas la sujetan para impedir que se desplace y entonces ingresa un pin metálico más ancho que la tubería.

Luego se rocía con agua fría para que la forma de campana en un extremo se torne rígida.

Este proceso permite juntar las tuberías el momento de su instalación.



**Figura N° 1.11** Fotografía de la unidad Acampanadora.

## **1.2. INTRODUCCIÓN**

Tomando en cuenta las necesidades de simplificar los trabajos relacionados a la industria y en vista de que la tendencia actual se enfoca en simplificar los procesos y optimizar los recursos, nace la concepción de la automatización industrial, que consiste en controlar los procesos y procedimientos de una manera automática, minimizando la intervención humana para reducir los riesgos y llevar a cabo un control más preciso del proceso productivo en base a indicadores.

De esta manera, lo que se busca es dotar al sistema de flexibilidad para modificaciones o expansiones en función de las necesidades o requerimientos particulares, sin que el proceso deje de ser confiable.

Dicha mecanización de los procedimientos abarca áreas específicas como son la implementación e integración de dispositivos, equipos y maquinarias dentro de procesos de control, dependiendo del tipo de industria.

Esto incluye una amplia gama de controladores, sensores, transmisores de campo y equipos auxiliares que serán utilizados para recolectar información acerca de las variables físicas que intervienen en el proceso productivo.

Elementos o sistemas computacionales para el control de dispositivos o maquinarias que sustituyan parcial o totalmente a los operadores y que permitan una integración de todos los elementos dentro de una red industrial, para el intercambio de información a través de ella dependiendo de las necesidades y de los recursos tecnológicos disponibles.

Software para el diseño de interfaces gráficas que permitan a los operadores interactuar con las máquinas de una manera práctica y segura.

Las ventajas de la utilización de este tipo de sistemas son repetitividad, control de calidad más preciso, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo.

Por otro lado sistemas como estos presentan la necesidad de mantenimiento y reparación, así como el requerimiento de un capital económico relativamente alto.

A través del tiempo, los sistemas de control industrial han ido evolucionando ya que la tecnología ha permitido reducir los tamaños y los costos de los equipos utilizados y aumentar la confiabilidad y eficiencia de los mismos haciéndolos menos vulnerables sobre todo en ambientes de condiciones extremas de temperatura y humedad.

Así por ejemplo se han podido migrar los sistemas de una tecnología a otra más moderna, como lo es por ejemplo el paso de tecnología análoga a digital, con lo que se logra mejorar los tiempos en transmisión de señales y asegurar la exactitud de los datos transmitidos.



### **1.3. SISTEMAS SCADA**

#### **1.3.1. DEFINICIÓN**

Los sistemas SCADA llamados así por las iniciales de su significado en inglés (*Supervisory Control And Data Acquisition*) son aplicaciones que combinan unidades maestras de control y administración de datos, interfaces de control, unidades remotas de control y adquisición de datos y sistemas de comunicación diseñados con la finalidad de controlar y supervisar procesos remotamente.

#### **1.3.2. ELEMENTOS DEL SISTEMA**

##### **1.3.2.1. Interfaz Hombre – Máquina (HMI)**

La interfaz Hombre – Máquina más conocida por sus siglas en inglés HMI (Human Machine Interface), es una aplicación desarrollada con software dedicado, para poder observar los datos más importantes, además de poseer diagramas mímicos los cuales facilitan la lectura de datos, control de procedimientos y acciones correctivas que pueda tomar el operador del sistema. El diseño gráfico de esta interfaz trata de semejarse casi en su totalidad a como se ve la fábrica realmente, teniendo en cuenta todos los dispositivos sobre los cuales se puede actuar y que afectan directamente el proceso productivo, para de esta manera tener una interfaz amigable y comprensible pero al mismo tiempo muy potente.

##### **1.3.2.2. Unidad Terminal Maestra (MTU)**

Dentro de un sistema SCADA puede haber una o varias unidades maestras, son dispositivos de control global que recogen y administran toda la información acerca de las variables del proceso, también se encargan de soportar la interfaz gráfica y almacenar y procesar ordenadamente los datos para realizar el control.

Por último esta unidad maestra gestiona los niveles de acceso a la información y el control de cada uno de los dispositivos de campo mediante la comunicación desde y hacia las unidades remotas de control.

#### **1.3.2.3. Unidad Terminal Remota (RTU)**

Este tipo de dispositivos son los encargados de realizar la adquisición de datos y el control del proceso, conectándose a dispositivos de campo como sensores, relés, electroválvulas, etc. Estos dispositivos se encuentran conectados mediante un sistema de comunicaciones a las unidades terminales maestras para el procesamiento de los datos. Este tipo de unidades se ubican por lo general lo más cerca del área que controlan, por lo que siempre están ligados al proceso productivo, como por ejemplo controladores lógicos programables (PLC).

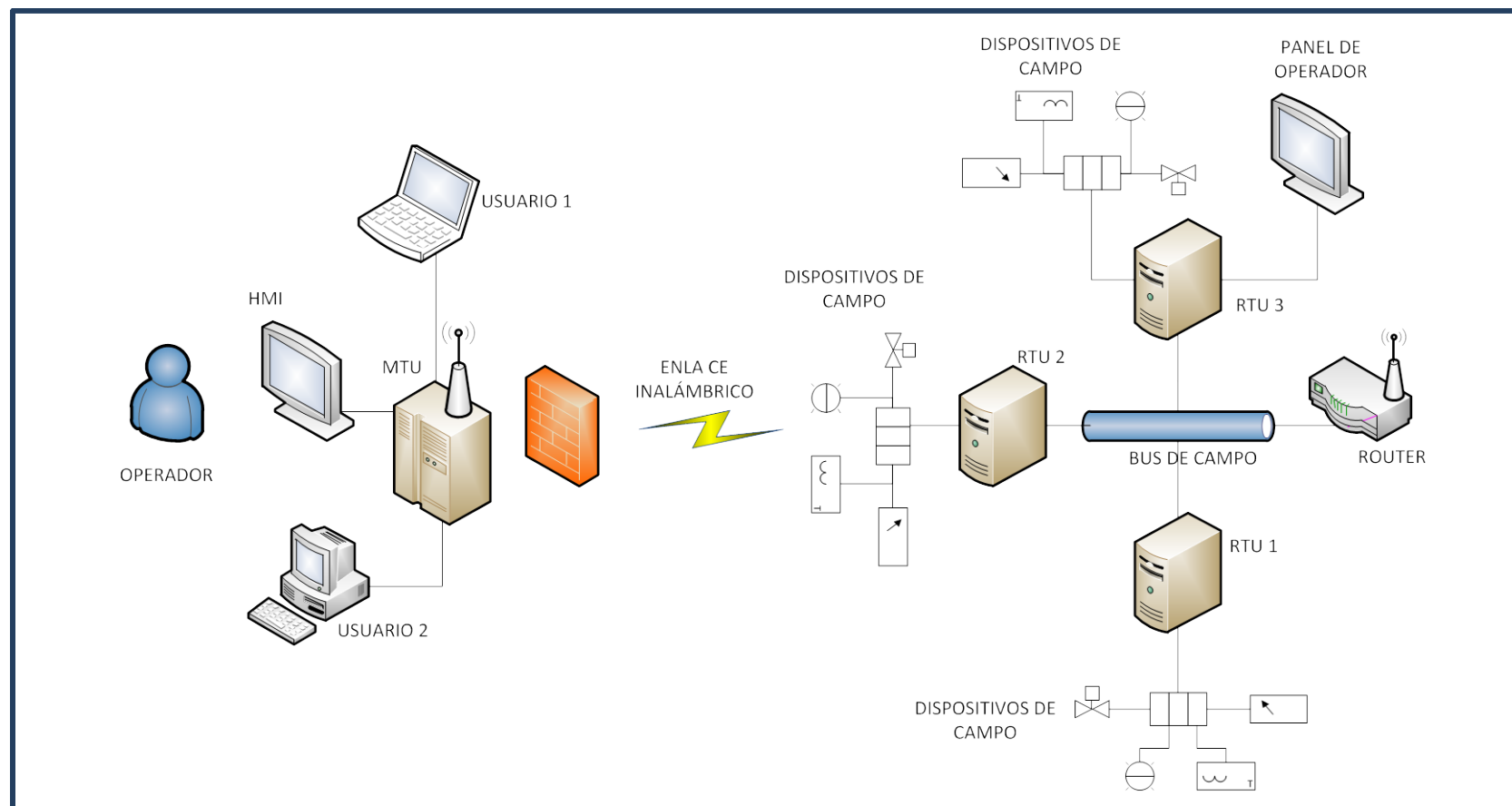
#### **1.3.2.4. Sistema de Comunicaciones**

El sistema de comunicación es una parte fundamental dentro de la estructura de un sistema SCADA, debido a que es el encargado de transportar los datos desde las unidades terminales remotas (RTU) hacia las unidades terminales maestras (MTU) además de comunicaciones directas con dispositivos de campo. Mediante la selección correcta de un sistema de comunicación se puede obtener una velocidad de transmisión de datos adecuada dependiendo del tipo de proceso que se quiera controlar y monitorear. Existen diferentes tipos de protocolos de comunicación, los cuales dependen del tipo de medios físicos que se tenga dentro del proceso para ser implementados, entre los principales se encuentran los siguientes:

- RS485
- PROFIBUS
- PROFINET
- INDUSTRIAL ETHERNET
- MODBUS
- DEVICE NET



### 1.3.2.5. Esquema Básico de un Sistema SCADA



**Figura N° 1.12** Esquema básico de un sistema SCADA

### **1.3.3. GENERALIDADES DEL SISTEMA SCADA**

Este sistema tiene como objetivo actuar sobre computadores y controladores automáticos en el control de la producción, los mismos que son los encargados de la transmisión de los datos a través de dispositivos de campo, transmisores y autómatas programables PLC, para lograr de esta forma un control automático desde la unidad maestra o MTU (*Master Terminal Unit*).

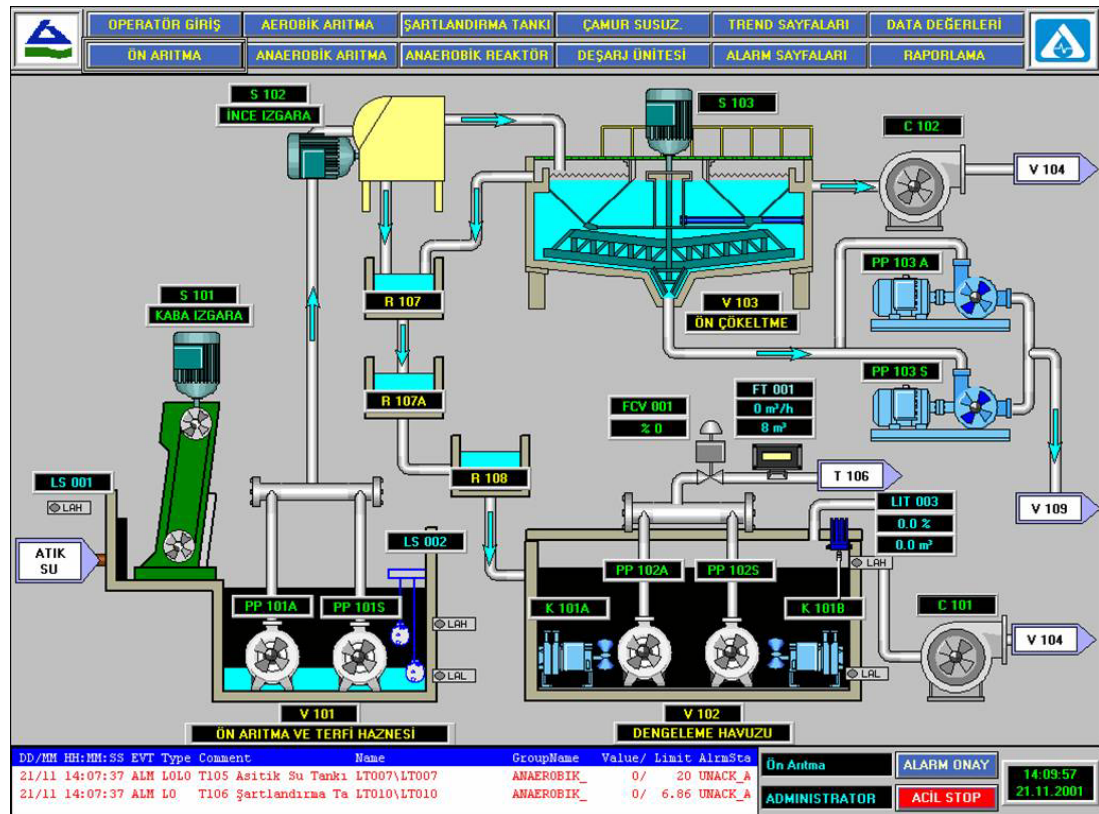
Además, tiene como función principal, el envío de la información generada en el proceso productivo, a los usuarios que demanden dicha información y que puedan encontrarse dentro o fuera de la planta de producción.

Dentro de la ejecución de un sistema SCADA, se deben definir las diferentes etapas del proceso, ya que el sistema involucra un elemento administrador de los datos recogidos del campo, diferentes tipos de hardware incluidos dentro de la maquinaria o que podrían constituir equipos auxiliares para el proceso de recolección de señales, protocolos y medios de comunicación entre los distintos niveles de dispositivos desplegados por la industria, dentro de los cuales se dispone de varias alternativas dependiendo de las características particulares que se quieran dar al sistema, una determinada topología de red de datos que sea la más adecuada y se ajuste a un caso específico dependiendo de las necesidades, de manera que resulte confiable y flexible; y por último, el sistema involucra también una interfaz gráfica HMI (Human - Machine Interface) que permita al o a los operadores visualizar todas las estaciones remotas y dispositivos de la fábrica e interactuar con las máquinas de una manera práctica y sencilla.

El sistema de control remoto, permite al operador monitorear cualquier señal de alarma o desviación que puede venir del proceso, y tomar acción sobre algún equipo o actuador, para corregir dicha falla en el menor tiempo posible.

Los sistemas SCADA están orientados a actuar sobre equipos de campo como son los controladores automáticos, autómatas programables, actuadores, registradores y otros; para lo cual muestra mediante una interfaz gráfica, las variaciones de las variables del proceso, sectorizadas para realizar un control objetivo y libre de errores.

El sistema tiene la particularidad de ser bidireccional, es decir que la retroalimentación de señales se realiza desde el operador hacia el proceso y viceversa, con lo cual se logra realizar el control y obtener datos estadísticos que constituyen indicadores referenciales para mejoras, modificaciones o controles futuros del sistema.



**Figura N° 1.13** Ejemplo de un HMI para sistema SCADA.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Fuente: Atasel, [http://www.atsel.com.tr/atsel/references01\\_WaterTreatment.htm](http://www.atsel.com.tr/atsel/references01_WaterTreatment.htm)

## **1.4. REDES INDUSTRIALES**

Las redes de comunicación industriales, son las encargadas de la transmisión de datos entre los diferentes dispositivos existentes, como pueden ser unidades terminales remotas, unidades terminales maestras y dispositivos de campo.

Existen diferentes tipos y configuraciones de redes que se han ido adaptando dentro del campo industrial en función de la evolución y necesidades de la industria.

### **1.4.1. TOPOLOGIAS DE RED**

#### **1.4.1.1. Definición**

Se conoce como topología de red a la manera como se hallan dispuestos físicamente los dispositivos y como se encuentran interconectados.

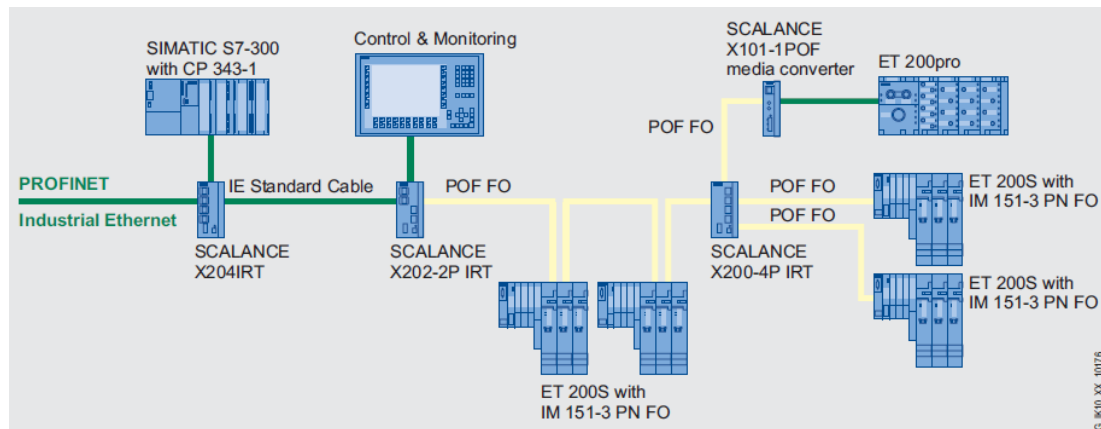
En muchos casos las redes no poseen una topología única, pueden tener configuraciones mixtas o la red global puede consistir en varias sub redes con diferentes topologías.

#### **1.4.1.2. Estructuras Básicas**

Existen varias topologías de red, dentro de las cuales, las topologías elementales son: bus lineal, estrella y anillo.

##### *1.4.1.2.1. Red de bus lineal.*

El bus lineal es la estructura de red más simple en la cual cada nodo individual está conectado directamente o sobre una rama al sistema principal de la infraestructura de la red (solo se permite un nodo por ramal).



**Figura N° 1.14** Topología de red de bus lineal basado en un ejemplo de Ethernet Industrial.<sup>7</sup>

La ventaja de la red en bus lineal es la simplicidad de su configuración y la baja inversión en equipos.

La desventaja de este tipo de configuración es la ineficiencia en el uso de los recursos y la falta de redundancia, es decir que una ruptura del cable en cualquier punto, afectaría la integridad de la red.

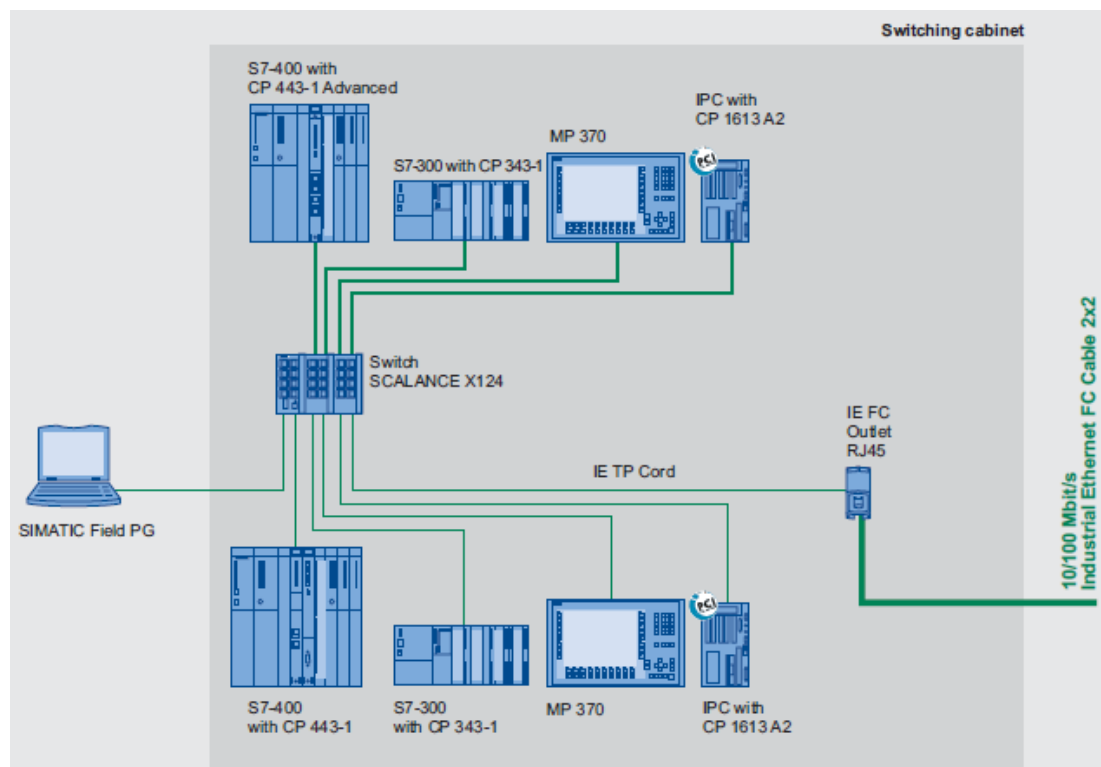
<sup>7</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection - SYH\_IE-Net\_76, *Linear bus network topology based on the example of Industrial Ethernet*, 2010

#### 1.4.1.2.2. Red en estrella

La topología de red en estrella utiliza conmutadores (*switch*), los cuales actúan como nodo central de la red, desde los cuales se establece la comunicación con cada una de las ramas o nodos individuales. Los nodos individuales de la red por lo tanto tienen vínculos punto-a-punto separados con el componente de red activo.

El efecto inmediato es que los mensajes solo se transmiten por medio de los locutores entre el transmisor y el receptor de dicha información, en otras palabras el desempeño de la red mejora notablemente debido a que varios nodos pueden comunicarse al mismo tiempo.

En la práctica este tipo de topología de red es una mezcla de fibra óptica y par trenzado, dependiendo de las necesidades de los vínculos individuales.

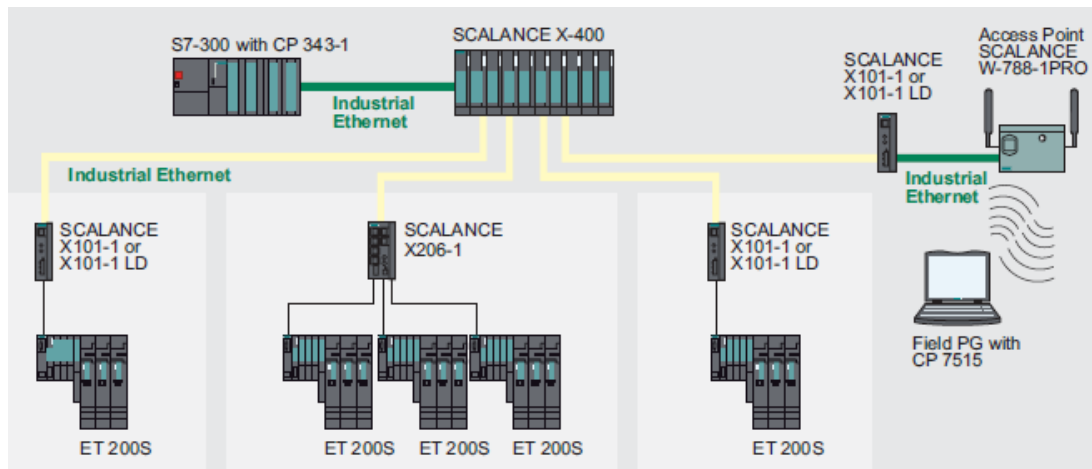


**Figura N° 1.15** Estructura de red en Estrella basada en *switch* SCALANCE X124<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Fuente SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, *Star network structure with SCALANCE X124*, 2010.

Si un nodo falla la comunicación entre los otros nodos de la red permanece intacta. Comparada con la estructura de bus lineal la inversión en cable se incrementa, debido a que las longitudes pueden ser extremadamente largas desde el centro de la estrella hasta el elemento de conexión.

Cuando se interconectan varias redes en estrella se obtiene un topología de red conocida como *Red en Árbol*, por ejemplo en el caso de varios procesos productivos en una fábrica.



**Figura N° 1.16** Topología de árbol basa en sistema de Ethernet Industrial con un Gateway a LAN Industrial Inalámbrico<sup>9</sup>

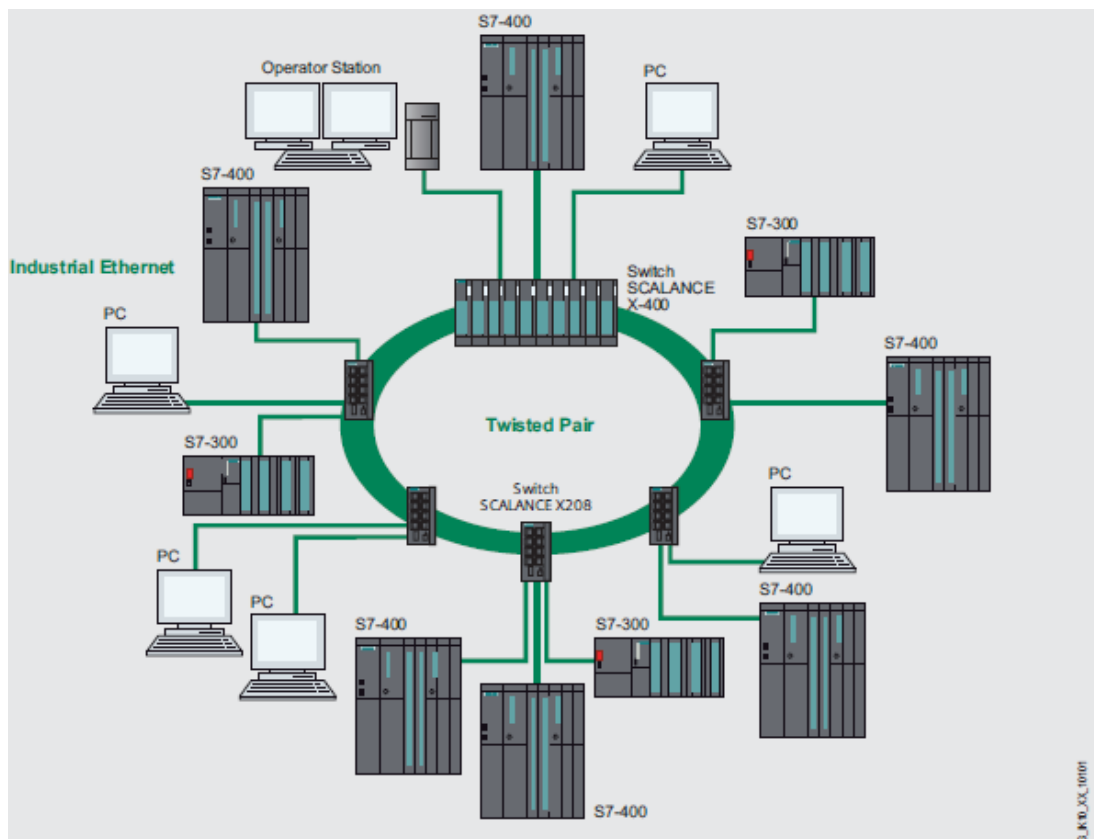
<sup>9</sup> Fuente SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, *Star topology based on the example of Industrial Ethernet with a gateway to Industrial Wireless LAN*, 2010.

#### 1.4.1.2.3. Red en anillo

Se dice que una red se encuentra dispuesta en anillo cuando conjuntamente forman un circuito cerrado; es decir que la primera se conecta a la siguiente y ésta a la siguiente y así sucesivamente hasta que la última se conecta a la primera.

Este tipo de configuración se considera seguro, ya que la información siempre tiene un camino alternativo en caso de que uno de los ramales de la red falle.

La única manera de que una red en anillo falle es que se rompa en dos segmentos.



**Figura N° 1.17** Configuración de redundancia de alta velocidad en un anillo eléctrico<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, *Star topology based on the example of Industrial Ethernet with a gateway to Industrial Wireless LAN*, 2010.



## **1.4.2. Redes Avanzadas**

### **1.4.2.1. Certificación Wi-Fi<sup>11</sup>**

Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la WECA: *Wireless Ethernet Compatibility Alliance*, Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 relacionados a redes inalámbricas de área local.

El objetivo de la misma fue crear una marca que permitiese fomentar más fácilmente la tecnología inalámbrica y asegurar la compatibilidad de equipos.

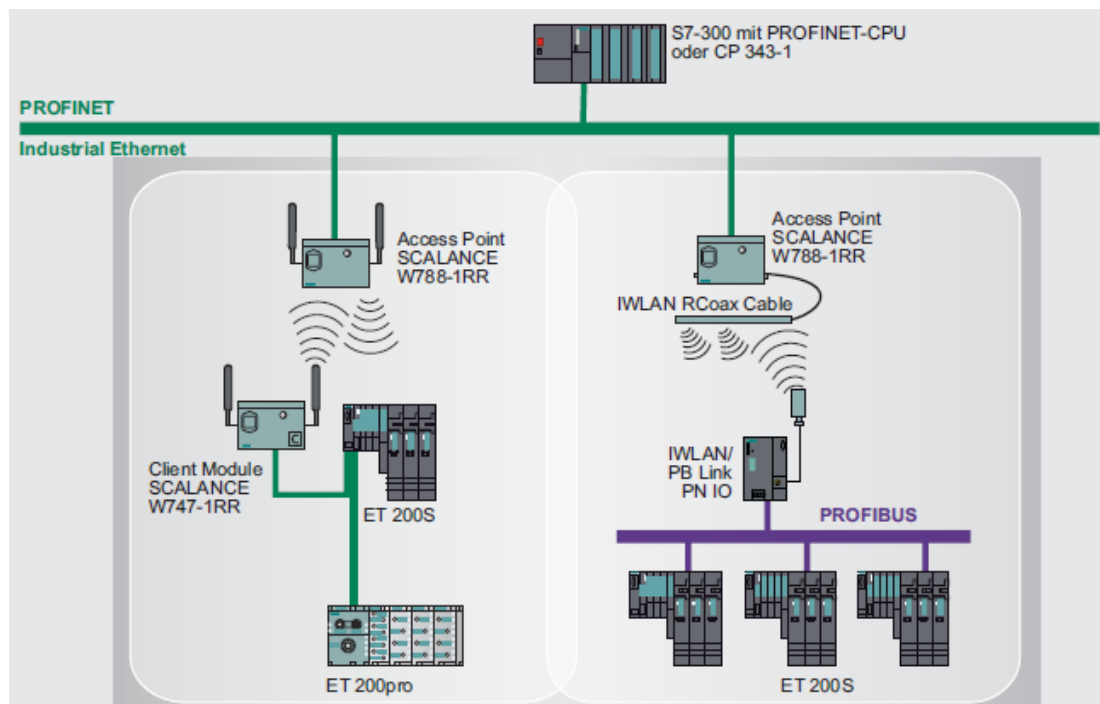
La norma IEEE 802.11 fue diseñada para sustituir el equivalente a las capas físicas y MAC de la norma 802.3 (Ethernet). Esto quiere decir que en lo único que se diferencia una red Wi-Fi de una red Ethernet es en cómo se transmiten las tramas o paquetes de datos; el resto es idéntico. Por tanto, una red local inalámbrica 802.11 es completamente compatible con todos los servicios de las redes locales (LAN) de cable 802.3 (Ethernet).

---

<sup>11</sup> Wikipedia, Wi-Fi, 2011, <http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>.

### 1.4.2.2. Estructura IWLAN

Las redes industriales inalámbricas (*Industrial Wireless Local Area Network* - IWLAN) no poseen una topología física como las redes tradicionales que utilizan cableado, tampoco existen estructuras de “bus lineal”, “anillo”, o “estrella”, en su lugar las redes inalámbricas son no estructuradas (ad hoc) o divididas en elementos (células).



**Figura N° 1.18** Estructura WLAN simple con dos puntos de acceso/equipos inalámbricos<sup>12</sup>

Como se puede observar en la figura 1.18 los puntos de acceso desempeñan el papel de conmutadores, el final de los nodos está conectado a la red por medio de los clientes activos. Los equipos tienen la función de subredes, las cuales ayudan a que cada nodo pueda moverse (“*Roaming*”).

<sup>12</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, *Simple WLAN structure with two access points/wireless cells*, 2010.

#### *1.4.2.2.1. Redes Ad hoc*

Si la red inalámbrica está configurada sin ningún tipo de estructuración adicional, entonces se la conoce como una red *ad hoc*. En estas redes, cada nodo puede contactarse con cualquier otro nodo en cualquier momento. La adquisición de los datos se puede perder rápidamente, debido a que cada emisor activo bloquea a los demás. Al mismo tiempo, hay varios problemas de seguridad y confiabilidad debido a que no existe una entidad de control de tráfico de los datos.

Las redes ad hoc pueden ser únicamente implementadas de acuerdo al estándar de la IEEE 802.11b.

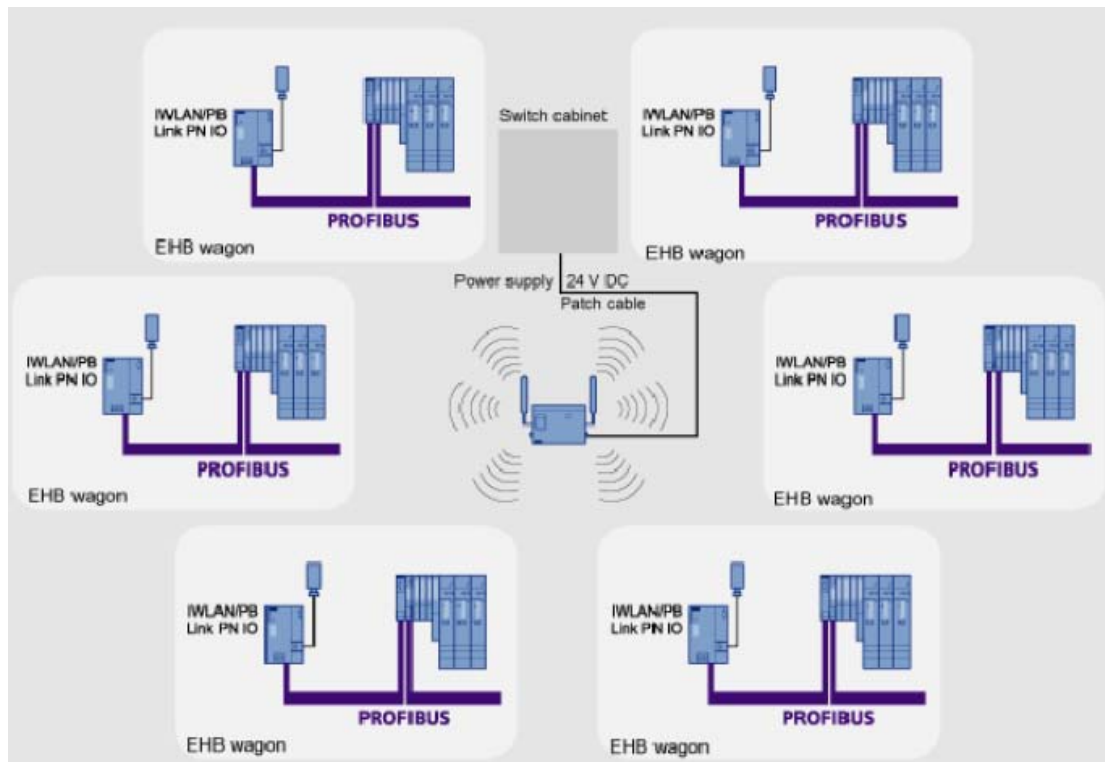
#### *1.4.2.2.2. Redes de Infraestructura*

Una red inalámbrica puede ser estructurada mediante el uso de un nodo como un punto de acceso el mismo que maneje la comunicación con los otros nodos, es decir los clientes dentro de la red. El punto de acceso puede manejar las autorizaciones de acceso a los nodos y asignarles espacios de tiempo para la comunicación asegurando una respuesta en tiempo real y comunicación determinista.

#### *1.4.2.2.3. Redes Independientes (standalone)*

Es la forma más simple de una red de infraestructura, es un solo conjunto de elementos que conforman una célula inalámbrica la cual es coordinada mediante un punto de acceso.

En este caso un punto de acceso central coordina funciones como conmutador recibiendo las tramas de los nodos individuales (clientes) y reenviándolos.



**Figura N° 1.19** Red inalámbrica en modo independiente (*Standalone*)<sup>13</sup>

Con la utilización de este mecanismo no es necesario que todos los nodos se encuentren dentro del rango de los otros, es adecuado si todos los nodos tienen conexión al punto de acceso.

El punto de acceso puede controlar y coordinar el tráfico de datos. Asignando espacios de tiempo durante los cuales cada cliente está permitido a enviar datos.

<sup>13</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, *Wireless network in standalone mode* Normally, SCALANCE W clients take the place of PROFIBUS links, 2010.

## **1.5. PROTOCOLO ETHERNET INDUSTRIAL**

El protocolo de Ethernet Industrial es una red abierta basada en la normativa IEEE802.3, el cual se podría definir como la aplicación de Ethernet TCP/IP al medio industrial. Utiliza tecnología basada en topologías de bus con el uso de una gran cantidad de medios y dispositivos físicos, los cuales conforman las redes de Ethernet Industrial.

Este protocolo de arquitectura abierta se lo utiliza para la automatización de manufactura y procesos en los que se requiere interconectar dispositivos de diferentes tipos de fabricantes que posean un puerto apto para manejar este protocolo.

### **1.5.1. Norma IEEE 802.3**

Norma o estándar que define el modo en que las estaciones dentro de la red envían y reciben los datos sobre un medio físico compartido, independientemente de su configuración física.

Originalmente diseñada para la transmisión de datos a 10 Mbps, aunque luego de realizar algunas modificaciones, en su mayoría respecto a la velocidad y el medio de transmisión, ha sido perfeccionada para trabajar a 100 Mbps, 1 Gbps o 10 Gbps y mayores velocidades a futuro, incluso 40 Gbps y 100 Gbps.

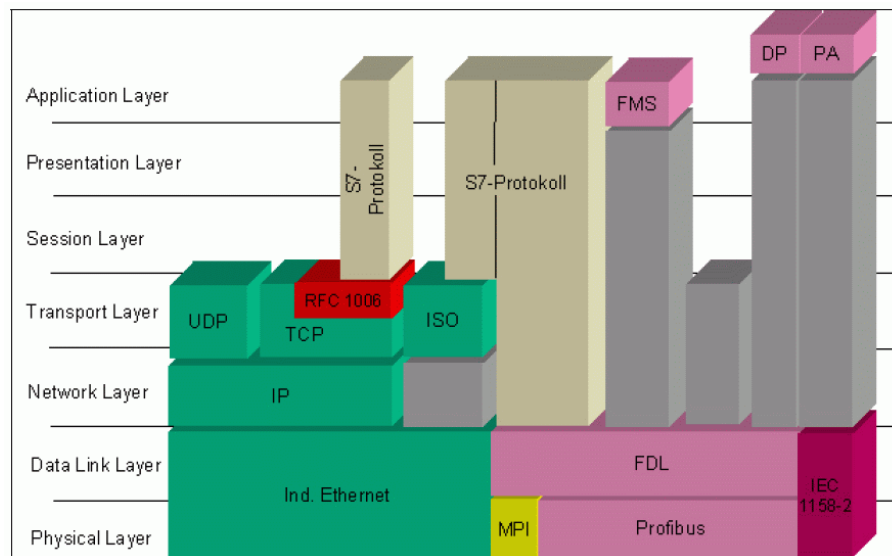
En los primeros diseños, el envío de datos se realizaba a través de cable coaxial, pero en la medida en que se ha ido incrementando la velocidad en la transmisión, se abandonaron los coaxiales dejando únicamente los cables de par trenzado sin apantallar (UTP –*Unshielded Twisted Pair*, Par Trenzado No apantallado), de categorías 5 y superiores y la fibra óptica.

### 1.5.2. Arquitectura Ethernet Industrial

Para el manejo del protocolo de Ethernet Industrial se implementó la extensión RFC1006, la cual adicionó las propiedades de transporte ISO<sup>14</sup> al protocolo TCP. Con la implementación de esta extensión se tienen las ventajas que presenta la transferencia de datos orientada a paquetes del protocolo ISO, además de habilitar todas las propiedades de transporte que posee TCP, como es el caso de la funcionalidad de *Routing* o enrutamiento de los paquetes de datos.

El protocolo ISO-on-TCP también se basa en el nivel 4 del modelo de referencia ISO-OSI y define el puerto 102 como puerto por defecto para la transferencia de datos.

Este protocolo se puede utilizar en los módulos actuales de SIMATIC S7, SIMATIC PC y SIMATIC S5.

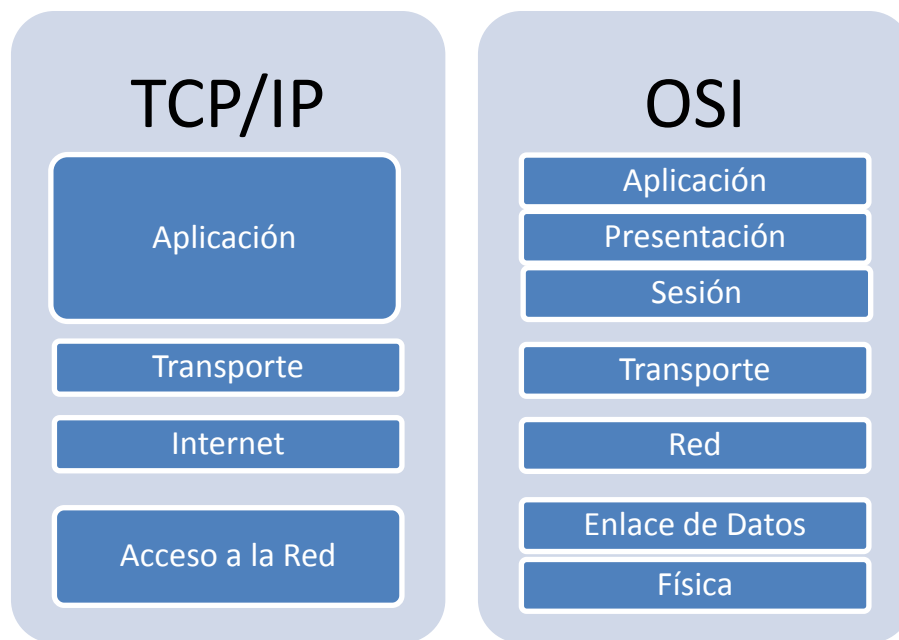


**Figura N° 1.20** ISO en TCP - Ampliación RFC 1006<sup>15</sup>

<sup>14</sup> Primer protocolo de transporte basado en el nivel 4 del modelo de referencia ISO-OSI de Ethernet para SIMATIC, se basa en el protocolo definido por la norma ISO 8073 TP0.

<sup>15</sup> Fuente:

[https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/dm1mda1aaaa\\_26582267\\_faq/net\\_iso\\_protokoll\\_01.gif](https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/dm1mda1aaaa_26582267_faq/net_iso_protokoll_01.gif), *Net ISO Protocol*, 2007.



**Figura N° 1.21** Modelo TCP/IP

La figura 1.21, hace referencia a ciertas capas del modelo OSI las cuales combinadas forman parte del modelo TCP/IP.

### **1.5.2.1. Protocolos del Modelo TCP/IP**

#### *1.5.2.1.1. Capa de Aplicación*

La capa de aplicación es aquella en la cual el usuario puede interactuar con el sistema. Los protocolos más comunes que se pueden encontrar en esta capa son:

- HTTP (*Hyper Text Transport Protocol*)
- FTP (*File Transport Protocol*)
- SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*)
- POP (*Post Office Protocol*)
- DNS (*Domain Name System*)
- DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)
- TELNET (*Telecommunication Network*)
- TFTP (*Trivial File Transport Protocol*)
- LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*)

- SSH                    (*Secure Shell*)
- HTTPS                (*Hyper Text Transport Protocol Secure*)

#### 1.5.2.1.2.      *Capa de Transporte*

Ethernet Industrial utiliza el protocolo de la familia TCP/IP o UDP/IP para la transferencia de datos, los cuales están esencialmente definidos en los siguientes RFCs (*Request For Comment*):

- RFC 793 – TCP        (*Transport Control Protocol*)
- RFC 768 –UDP        (*User Datagram Protocol*)
- RFC 792 – ICMP      (*Internet Control Message Protocol*)
- RFC 791 – IP         (*Internet Protocol*)

Sin embargo Ethernet Industrial no es apto para un intercambio de datos cíclico debido a la cabecera de su telegrama. Una optimización en la segunda capa del protocolo conforme a la norma IEEE 802.3 hace posible la comunicación en tiempo real dentro de Ethernet Industrial.

#### 1.5.2.1.3.      *Capa de Internet*

Es la capa encargada del direccionamiento de los datos, como son las funciones de enrutamiento y conmutación de los datos hacia los diferentes puntos de la red. Algunos de sus protocolos más comunes son:

- IP                      (*Internet Protocol*)
- IPv4
- IPv6
- ARP                   (*Address Resolution Protocol*)
- RARP                  (*Reverse Address Resolution Protocol*)
- ICMP                  (*Internet Control Message Protocol*)



#### 1.5.2.1.4. *Capa de Acceso a la Red*

Esta capa está relacionada con las capas de “Enlace de datos” y la capa “Física” del modelo OSI, por lo que hace referencia a todos los medios físicos y electrónicos para lograr el acceso a la red. Los protocolos más comunes son:

- PPP
- Ethernet        IEEE 802.3
- *Token Bus*     IEEE 802.4
- *Token Ring*    IEEE 802.5
- Wi-Fi            IEEE 802.11
- FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*)
- MAC (*Medium Access Control*)

#### 1.5.2.2. **Métodos de Acceso**

##### 1.5.2.2.1. *Mecanismo de conmutación*

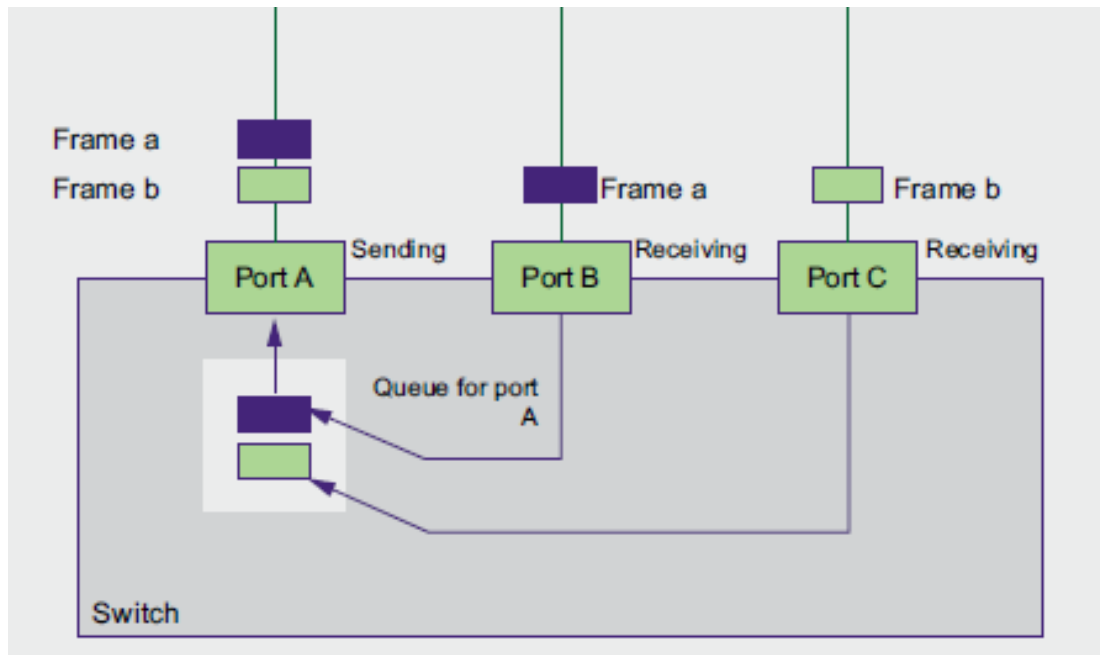
Ethernet Industrial utiliza Ethernet conmutado para la transferencia de los datos. El tráfico de datos dentro de la red esta canalizada y estructurada por dispositivos dedicados conocidos como conmutadores (*switches*).

Un conmutador habilita la comunicación que tiene lugar simultáneamente en ambas direcciones (enviar y recibir). Esto provee a la red de una capacidad de 200 Mbps, o dos veces el ancho de banda de *Fast Ethernet* (100 Mbps).

La ventaja de un mecanismo de conmutación es que los nodos o áreas de la red no necesitan ninguna trama particular ya que no están sujetos a ninguna carga producida por un dato irrelevante.

#### 1.5.2.2.2. Guardar y Reenviar (*Store and forward*)

Con el mecanismo de guardar y reenviar, los conmutadores almacenan las tramas y los pendientes de los mismos. Las tramas son reenviadas selectivamente hacia los puertos específicos que pueden tener acceso al nodo direccionado.



**Figura 1.22** Almacenar y Reenviar en Ethernet Industrial<sup>16</sup>

Almacenar y enviar optimiza el tráfico de datos. Con esta función, el conmutador puede chequear las tramas y prevenir que tramas malas o corruptas se distribuyan más allá dentro de la red.

#### 1.5.2.2.3. Corte Hasta (*Cut through*)

En el proceso de Corte Hasta el paquete de datos es cortado y almacenado en un buffer, pero es transferido directamente hacia el puerto del objetivo tan pronto como los primeros 6 bytes (dirección del objetivo) hayan sido leídos. Los tiempos necesarios por el paquete de datos para pasar a través del conmutador son mínimos.

---

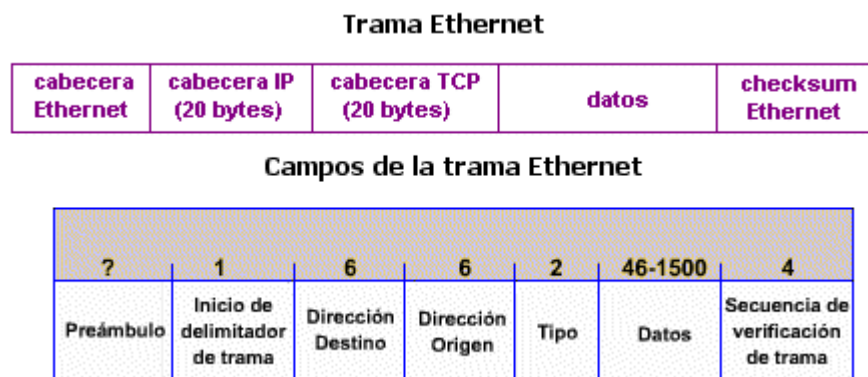
<sup>16</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, *Store and Forward at Industrial Ethernet*, 2010

Los datos solamente son almacenados temporalmente usando el mecanismo de almacenar y reenviar cuando la sección entre la parte del objetivo y el puerto del siguiente conmutador esta en uso.

### 1.5.3. Control de acceso al medio

El método de control de acceso al medio es múltiple por detección de portadora con detección de colisiones (CSMA/CD *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), el cual es método de acceso al medio físico no determinístico; es decir si un dispositivo desea empezar una transmisión primero escucha la red para detectar si ningún otro equipo o dispositivo está transmitiendo.

La trama según la norma IEEE802.3 es la siguiente:



**Figura 1.23** Trama y campo de datos según la norma IEEE 802.3<sup>17</sup>

- **Preámbulo:** es un patrón de 7 bytes el cual indica el inicio de la trama además de indicar a las receptoras si la trama es según norma IEEE 802.3 o Ethernet, la trama Ethernet posee un byte extra que es equivalente al campo de inicio de trama (SOF) IEEE 802.3.

<sup>17</sup> Fuente: <http://internett.galeon.com/REDES.htm>, Trama Ethernet, 2007.

- **Inicio de trama (SOF):** posee un byte cuyos dos últimos bits son 1, sirve para sincronizar las secciones de las tramas de todas las estaciones dentro de la red.
- **Direcciones de origen y destino:** esta parte de la trama permite el uso de direcciones de 2 y 6 bytes, en las cuales se encuentran las direcciones físicas (MAC) de los diferentes dispositivos en la red. La dirección de origen siempre es única, mientras que la de destino puede ser única (*broadcast* única), múltiple (*broadcast* múltiple) ó enviarse a todos los nodos (*broadcast*).
- **Longitud:** indica la longitud del campo de datos.
- **Datos:** es toda la información de los datos enviados en la trama, puede tener un tamaño mínimo de 0 bytes y como máximo 1500 bytes.
- **Secuencia de verificación de trama:** posee un valor para realizar la verificación llamado CRC (Control de Redundancia Cíclica) de un tamaño de 4 bytes, el cual se crea en el dispositivo emisor y es re calculado en el dispositivo receptor para verificar si existen tramas dañadas.

#### 1.5.4. Medios de Transmisión

Para el envío y recepción de datos dentro de las redes industriales que utilizan el protocolo de comunicaciones Ethernet, existen algunas opciones dependiendo del número de dispositivos conectados en la red, de la distancia total de la misma y de la velocidad de transferencia de información.

Las siguientes figuras muestran las características de los medios de transmisión tanto eléctricos como ópticos respecto a las características de la red como velocidad, el tipo y la distancia máxima.

Abreviatura	Nombre	Cable	Conector	Velocidad	Puertos
10Base2	Ethernet delgado (Thin Ethernet)	Cable coaxial (50 Ohms) de diámetro delgado	BNC	10 Mb/s	185 m
10Base5	Ethernet grueso (Thick Ethernet)	Cable coaxial de diámetro ancho (10,16 mm)	BNC	10Mb/s	500 m
10Base-T	Ethernet estándar	Par trenzado (categoría 3)	RJ-45	10 Mb/s	100 m
100Base-TX	Ethernet veloz (Fast Ethernet)	Doble par trenzado (categoría 5)	RJ-45	100 Mb/s	100 m
100Base-FX	Ethernet veloz (Fast Ethernet)	Fibra óptica multimodo (tipo 62,5/125)		100 Mb/s	2 km
1000Base-T	Ethernet Gigabit	Doble par trenzado (categoría 5)	RJ-45	1000 Mb/s	100 m
1000Base-LX	Ethernet Gigabit	Fibra óptica monomodo o multimodo		1000 Mb/s	550 m
1000Base-SX	Ethernet Gigabit	Fibra óptica multimodo		1000 Mbit/s	550 m
10GBase-SR	Ethernet de 10 Gigabits	Fibra óptica multimodo		10 Gbit/s	500 m
10GBase-LX4	Ethernet de 10 Gigabits	Fibra óptica multimodo		10 Gbit/s	500 m

**Figura N° 1.24** Características de los medios físicos de transmisión.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3>, Medios Físicos de Transmisión, 2010

#### 1.5.4.1. Par Trenzado (TP)

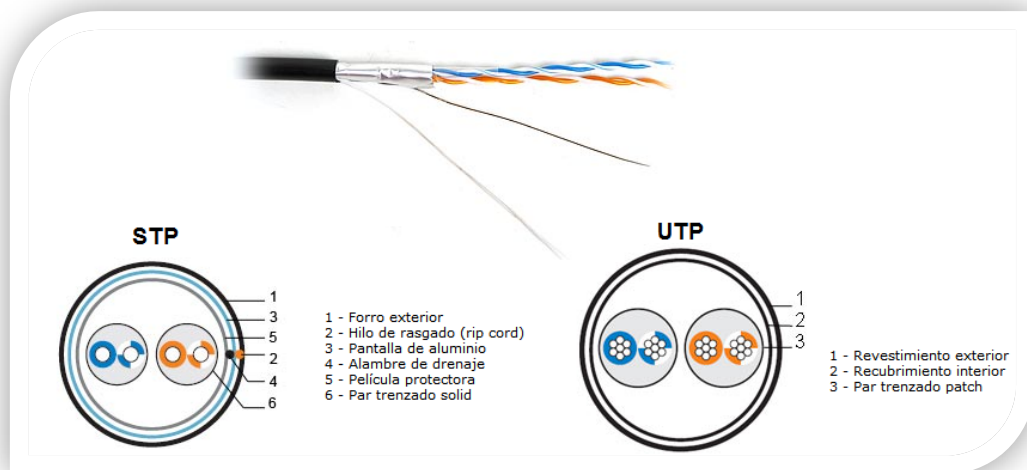
El par trenzado consiste en conductores de cobre aislados y trenzados con el propósito de evitar la concentración de campos eléctricos y disminuir el ruido eléctrico generado por la inducción electromagnética. Protegidos por una chaqueta de polímero para resistir los esfuerzos mecánicos.

Existen dos tipos de cable de par trenzado:

- STP *Shielded Twisted Pair*, par trenzado apantallado.
- UTP *Unshielded Twisted Pair*, par trenzado no apantallado.

El cable STP posee, a diferencia del UTP una pantalla de aluminio que cubre a los pares trenzados, haciéndolo más inmune a las interferencias electromagnéticas.

Es una tecnología sencilla, de fácil instalación y de bajo costo.



**Figura N° 1.25** Estructura del cable par trenzado.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Fuente: [http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/ftp2\\_s\\_out.shtml](http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/ftp2_s_out.shtml), *Twisted Pair Cables*, 2010

#### 1.5.4.2. Fibra Óptica

La fibra óptica es un hilo muy fino de material transparente, vidrio o materiales plásticos, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir.

El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra con un ángulo de reflexión por encima del ángulo límite de reflexión total, en función de la ley de Snell. La fuente de luz puede ser láser o un LED<sup>20</sup>.

Las redes de fibra óptica admiten topologías de tipo bus, estrella y en anillo con niveles elevados de alcance. Con la utilización de este tipo de enlaces se evitan todas las interferencias y perturbaciones eléctricas, obteniendo con esto una red extremadamente eficiente y con alta disponibilidad para la creación de anillos redundantes incrementando así la confiabilidad de la red.



**Figura 1.26** Cables de fibra óptica<sup>21</sup>

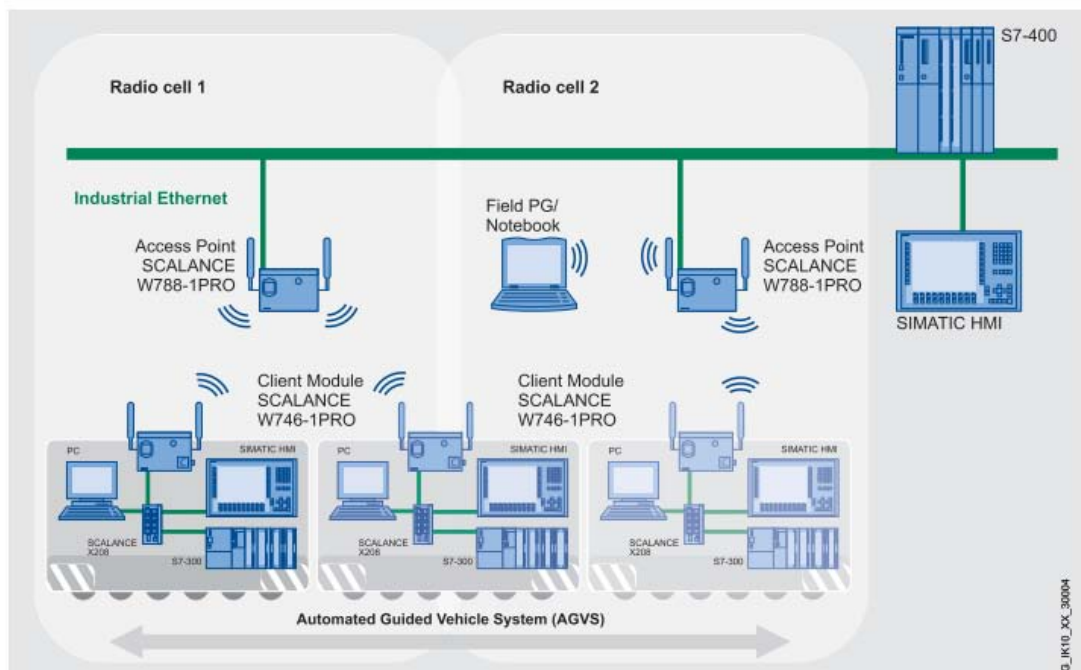
---

<sup>20</sup> Wikipedia, Fibra Óptica, 2010, [http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_%C3%B3ptica](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_%C3%B3ptica)

<sup>21</sup> Fuente: [www.electronica-basica.com/fibra-optica.html](http://www.electronica-basica.com/fibra-optica.html), Conectores, 2008

### 1.5.4.3. Transmisión Inalámbrica

La transmisión inalámbrica se la realiza por medio de puntos de acceso o enrutadores, los cuales manejan la transmisión de los datos entre cada uno de los dispositivos, ofrece una gran flexibilidad de topologías de red debido al medio que maneja y la configuración de equipos, además de tener un alto grado de inmunidad frente a perturbaciones electromagnéticas.



**Figura 1.27** *Roaming* entre células inalámbricas.<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, SYH\_IE-Net\_76, Roaming between wireless cells, 2010.



## **CAPITULO II**

### **DISEÑO Y ESTRUCTURACIÓN DE LA RED**

#### **2.1. LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO**

La planta industrial Tigre S.A. Ecuatigre. Consta de siete líneas de producción que conforman el proceso de extrusión de tuberías para diversas aplicaciones, cada línea de extrusión consta a su vez de cinco procesos que son extrusión, rocío o enfriamiento, jalado, corte y acampanado.

Cinco de las siete líneas se encuentran automatizadas mediante un PLC<sup>23</sup>, y las dos restantes se encuentran controladas mediante sistemas electromecánicos y controladores de temperatura.

En cada una de las cinco líneas automatizadas mediante PLC, los cuatro primeros procesos son controlados por un PLC Siemens® S7-300 mientras que el proceso final (acampanado) se realiza de una manera independiente y es controlado por un PLC Siemens® S7-200.

En las líneas de extrusión automatizadas el control de las variables se lo realiza desde paneles de operador Siemens®, dichas variables constituyen el set de temperaturas de todas las resistencias eléctricas de las zonas a calentar tanto del molde (primera fase) como del cabezal (segunda fase), las temperaturas de los tanques de enfriamiento por rocío y de las velocidades de todos los motores de la máquina, así el motor principal, el motor del alimentador, los motores de los jaladores, así como los valores límites de presión y corriente.

---

<sup>23</sup> Controlador Lógico Programable.

### **2.1.1. Sistema de Comunicaciones PLC – Panel de Operador**

El sistema de comunicaciones utilizado entre los PLCs de modelo Siemens S7-300 CPU 313C y los paneles de operador OP 270 es mediante protocolo RS-485 con una velocidad de transmisión de 187,5 Kbps, la misma que fue configurada en el sistema lógico establecido por el fabricante de la máquina.

La comunicación entre los PLCs de las acampanadoras modelo S7-200 y los paneles de operador TP 177A, es por medio de protocolo RS-485, con una velocidad de comunicación de 19,2 Kbps, configurado por el fabricante la máquina.

## **2.2. MEDICIÓN DE VARIABLES**

El proceso de extrusión de la planta Tigre S.A., involucra medición de variables de temperatura, presión y longitud, las cuales se encuentran inmersas en cada uno de los componentes que conforman la línea de producción, desde que ingresa la materia prima hasta que sale el producto terminado.

### **2.2.1. Medición de Temperatura**

La medición de temperatura se realiza mediante la utilización de termocuplas tipo “K”, la cual también se conoce con el nombre de termocupla Chromel- Alumel cuya composición es de Níquel-cromo y níquel, posee un rango de temperaturas de -200 a 600°C y de 0 a 1000°C, cabe recalcar que este tipo de termocuplas son las más utilizadas dentro de la industria debido a los rangos de temperatura antes mencionados.



**Figura N° 2.1** Termocupla Tipo “K” bayoneta Watlow<sup>24</sup>

---

<sup>24</sup> Fuente: [http://www.fisicarecreativa.com/informes/infor\\_termo/termocuplas.pdf](http://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_termo/termocuplas.pdf), Termocupla, 2007

### 2.2.2. Medición de Presión

Para la medición se utilizan transductores de presión de fundido, los cuales incorporan una galga extensiométrica con un “Puente de Wheatson” de 350 ohm, mediante el uso de esta tecnología se obtiene una salida de 0-3.33 mV/V proporcional a la presión, tomando en cuenta los errores indicados por el fabricante.



**Figura N° 2.2** Transductor de presión de fundido – Stem Flex 31<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Fuente:

[http://www.dynamicelec.com/Product\\_Manuals/Melt%20Pressure%20Transducers/974119\\_PT418\\_OIL\\_FILLED\\_SERIES.pdf](http://www.dynamicelec.com/Product_Manuals/Melt%20Pressure%20Transducers/974119_PT418_OIL_FILLED_SERIES.pdf), Stem Flex 31, 2009.

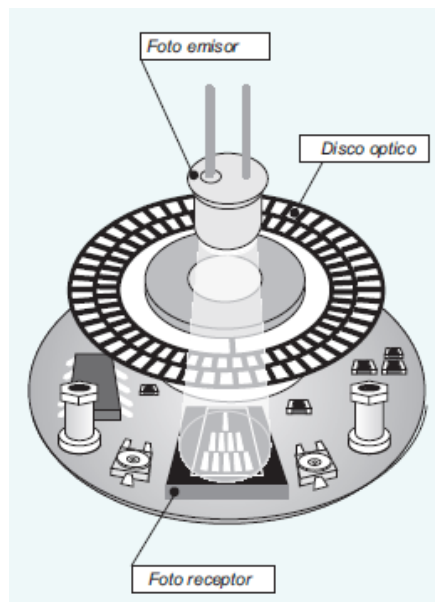
### 2.2.3. Medición de Longitud

La medición de longitud de los tubos se realiza mediante la conversión lógica de los pulsos obtenidos a través de un *encoder*.

#### 1.5.4.4. Funcionamiento del *encoder*

Es un dispositivo transductor rotativo que transforma un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o de tipo lineal. Las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos (contadores) o controladores lógicos programables (PLC).

El sistema de lectura se basa en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por líneas opacas con espacios transparentes; este conjunto está iluminado de forma perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos, el disco proyecta de este modo su imagen sobre la superficie de varios receptores enmascarados por otro reticulado, convirtiendo las señales en variaciones eléctricas.<sup>26</sup>



**Figura N° 2.3** Principio de funcionamiento de un *Encoder*.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Eltra, Encoder Incremental, 2000, <http://bc.inter.edu/facultad/arincon/encoderIncrementales.pdf>.

<sup>27</sup> Fuente: <http://bc.inter.edu/facultad/arincon/encoderIncrementales.pdf>, Diagrama 1, 2000.

### **2.3. Diseño de la red de comunicaciones**

El diseño de la red agrupa todos los procedimientos necesarios para la selección de equipos y la determinación de una adecuada topología de red, en función de las características operativas y los requerimientos particulares de la fábrica Tigre S.A.

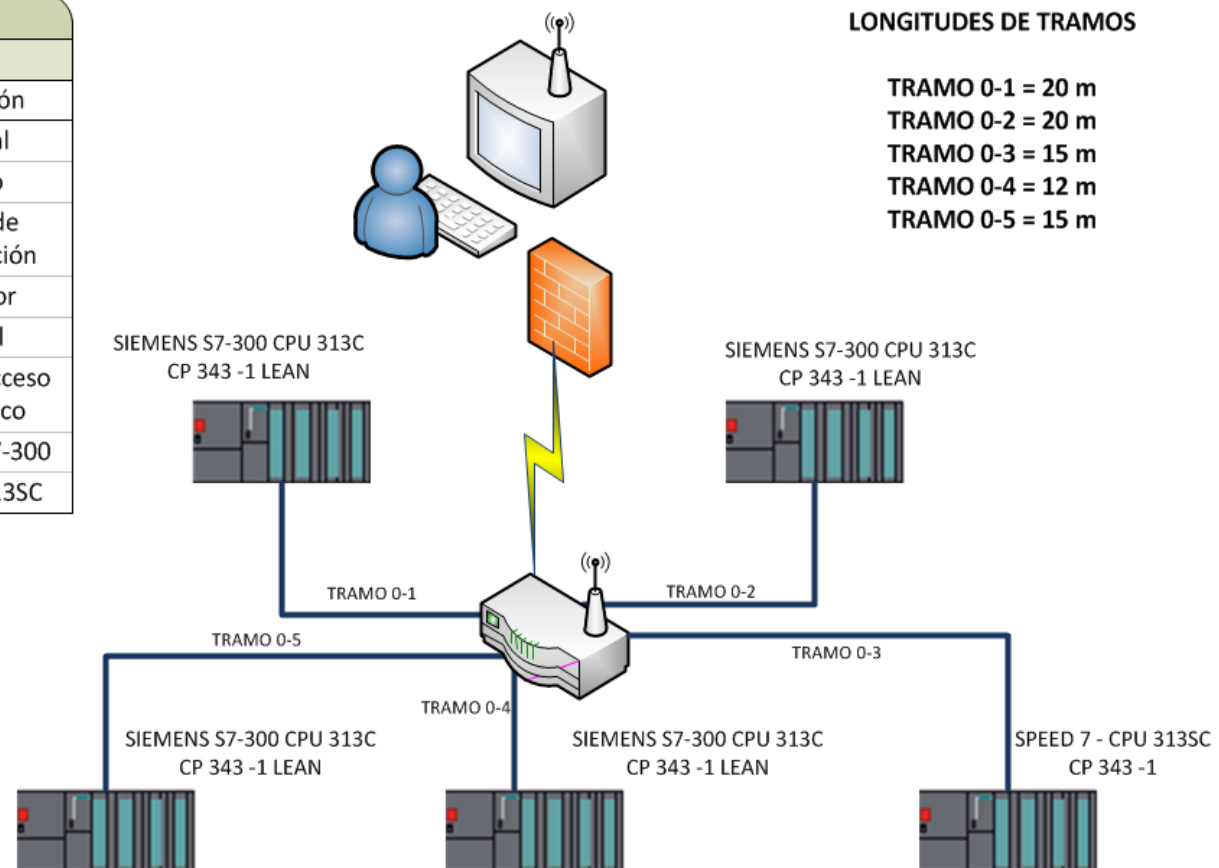
#### **2.3.1. Diseño de la topología de Red**

En función de las características estructurales y la distribución de las máquinas dentro de la planta de producción y tomando en cuenta que la central de monitoreo debe estar aislada del ambiente industrial, se estructuró la red en una configuración mixta, es decir una configuración en estrella para las comunicaciones entre las máquinas y el enrutador, y una configuración de red inalámbrica para las comunicaciones entre el enrutador y la unidad terminal maestra.

La distribución de las máquinas dentro de la planta de producción, permite la ubicación del enrutador (elemento de enlace principal) en un lugar central con objeto de reducir lo más posible la longitud de cada uno de los ramales y haciendo que cada uno tenga aproximadamente la misma distancia hasta el nodo principal (enrutador).

Adicionalmente, se ubicó el enrutador fuera de la planta, para guardar la integridad del equipo.

SISTEMA SCADA		
TOPOLOGÍA DE RED		
Símbolo	Total	Descripción
	1	Terminal
	1	Usuario
	1	Vínculo de comunicación
	1	Enrutador
	1	Firewall
	2	Punto de acceso inalámbrico
	4	SIEMENS S7-300
	1	SPEED 7 313SC



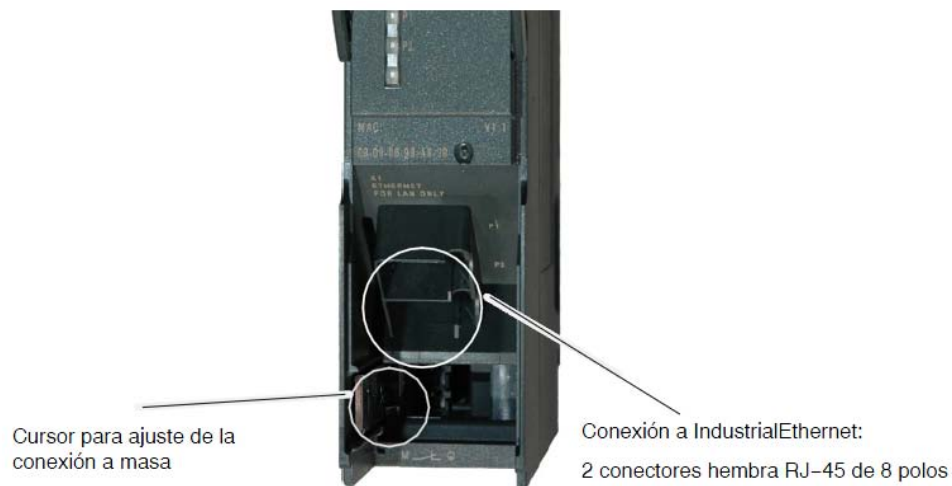
**Figura N° 2.4** Topología de la red.

### 2.3.2. Selección de equipos

#### 2.3.2.1. Procesador de comunicaciones

Puesto que los PLC Siemens S7-300 ubicados dentro de los tableros de control de las máquinas y encargados de controlar todos componentes que conforman la línea de producción, no poseen módulos de comunicación que admiten el protocolo de comunicaciones TCP/IP, se debe instalar módulos adicionales de comunicación Ethernet para cada una de las líneas de producción que se integran al sistema.

En función de las características operativas, y los requerimientos de velocidad necesarios para el funcionamiento de la red, se selecciona el módulo de comunicaciones CP 343-1 Lean de Siemens.



**Figura N° 2.5** Puertos de conexión de un procesador de comunicaciones CP 343-1 Lean de Siemens® <sup>28</sup>

La Tabla 2.1 engloba las características principales del procesador de comunicaciones seleccionado especialmente en cuanto a las condiciones ambientales admisibles para la operación, así como los parámetros eléctricos, conexiones, velocidad y características físicas del módulo.

---

<sup>28</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, 30GH\_CP343-1-Lean-CX10\_78.pdf, CP343-1 Lean, 2010.



Velocidad de transmisión	10 Mbit/s y 100 Mbit/s
Interfaces	
Conexión a Twisted Pair	Conector hembra RJ-45
Tensión de alimentación	DC +24 V Margen admis.: +20,4 V hasta +28,8 V)
Consumo	200 mA como máximo TP: aprox. 0,2 A como máximo
Potencia perdida aprox.	5,8 W
Condiciones ambientales admisibles	
• Temperatura de funcionamiento	0 °C hasta +60 °C
• Temperatura de transporte y almacenaje	-40 °C hasta +70 °C
• Humedad relativa máx.	95% a +25 °C
• Altura de operación	hasta 2000 m sobre el nivel del mar
Estructura	
• Formato de módulo	Módulo compacto S7-300; ancho sencillo
• Medidas (ancho x alto x prof.) en mm	40 x 125 x 120
• Peso aproximado	220 g

**Tabla N° 2.1** Datos técnicos del módulo de comunicaciones CP 343-1 Lean de Siemens<sup>29</sup>

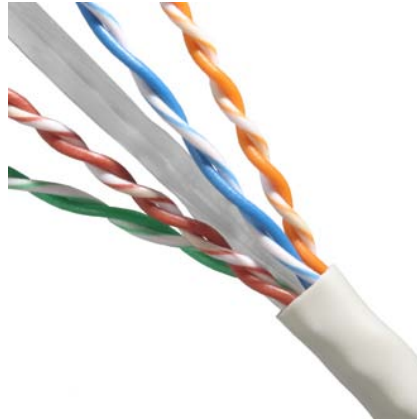
### 2.3.2.2. Conductor eléctrico

El conductor eléctrico adecuado para las conexiones y estructuración de la red, tomando en cuenta la velocidad de transmisión de los datos, el nivel de interferencia electromagnética, la distancia total de la red, la máxima distancia de los ramales y el esfuerzo mecánico que debe soportar, para este sistema en particular, es el cable UTP de categoría 6 - clase E.

La categoría 6 es un estándar de cables para Gigabit Ethernet y otros protocolos de redes que es retro compatible con los estándares de categoría 5/5e y categoría 3. La categoría 6 posee características y especificaciones para *crosstalk* y ruido. El estándar de cable es utilizable para 10BASE-T, 100BASE-TX y 1000BASE-TX (*Gigabit Ethernet*). Alcanza frecuencias de hasta 250 MHz en cada par y una velocidad de 1Gbps.<sup>30</sup>

<sup>29</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, 30GH\_CP343-1-Lean-CX10\_78.pdf , Datos Técnicos, 2010.

<sup>30</sup> Wikipedia, Categoría 6, 2010, [http://es.wikipedia.org/wiki/Cable\\_de\\_categor%C3%ADa\\_6](http://es.wikipedia.org/wiki/Cable_de_categor%C3%ADa_6)



**Figura N° 2.6** Cable UTP categoría 6 – clase E<sup>31</sup>

### 2.3.2.3. Conectores RJ45

Los conectores RJ45 utilizados para las conexiones tanto a los procesadores de comunicaciones de las máquinas como al enrutador principal elegidos para la implementación del sistema fueron los conectores IE FC RJ45 (Industrial Ethernet *Fast Connection Registered Jack* 45) de Siemens®, que son conectores apantallados de aluminio, a fin de evitar la interferencia electromagnética generada en el ambiente industrial. Dichos conectores presentan la facilidad de una conexión rápida y sin la necesidad de accesorios adicionales. Además presentan la codificación de colores en los conductores a conectar para evitar conexiones erróneas.



**Figura N° 2.7** Conector IE FC RJ45<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> Fuente:

<http://www.google.com.ec/imgres?imgurl=http://e2vi.com/images/pro/CABLNEXT6.JPG&imgrefurl=http>, Cable UTP categoría 6E, 2010

#### 2.3.2.4. Enrutador

El enrutador utilizado para la implementación del sistema de comunicaciones inalámbricas del sistema SCADA fue el D-Link® Wireless N *Router* DIR-615, que constituye un equipo robusto que permite una comunicación inalámbrica y presenta alta inmunidad al ruido electromagnético debido principalmente a su estructura y radio de acción de la emisión de los datos, es ideal para el caso específico de esta implementación debido a las distancias a las que se encuentran ubicadas las máquinas y además porque se pudo optimizar el dinero de la inversión en equipos. Este enrutador utiliza la tecnología Wireless N, que permite alcanzar velocidades de transferencia inalámbrica de hasta 300Mbps y una cobertura de señal 5 veces superior al estándar anterior 802.11g.

Soporta los estándares de encriptación WEP, WPA and WPA2 permitiéndole utilizar la mejor opción de encriptación para la transferencia de información. En forma adicional, este Wireless *Router* N utiliza doble cortafuego activo (SPI y NAT) para prevenir posibles ataques que provengan de internet.



**Figura N° 2.8** Router D-Link n DIR-615<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup> Fuente:

<https://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll/23067477?func=ll&objId=23067477&objaction=csopen&siteid=cseus&lang=es&ehbid=23067477&nodeid=&query=&hlnav=yes&skm=1&u=NDAwMDAxNwAA&content=adsearch/adsearch.aspx&cssearchengine=new#>, Fig. 01, 2010

<sup>33</sup> Fuente: <http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=1012>, DIR-65, 2009.

### 2.3.2.5. Unidad terminal maestra (MTU)

Puesto que el sistema requiere de una visualización global de los procesos que se llevan a cabo en la planta de producción, mediante la interfaz HMI, se seleccionó un monitor LG de 22" *wide screen*, mientras que las características del CPU Hewlett Packard® seleccionado fueron las siguientes:

- Procesador intel® core i5 de 3.2 Ghz.
- Memoria RAM de 2GB.
- Tarjeta de red intel® 82578DM Gigabit *Network Connection* para 1Gbps/full *dúplex*.
- Adaptador inalámbrico de escritorio D-Link® n 150 DWA-525.
- Disco duro SAMSUNG® H502HJ de 500GB

Debido a que se deben generar y almacenar los datos de referencia históricos y las curvas de tendencia.



**Figura N° 2.9** Computador unidad terminal maestra <sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> Fuente:

<http://www.sevasaonline.com/catalog/index.php?cPath=35&osCsid=ba301f20a17e208cb1c5173bc7c2dd73>, HP-8100 Elite, 2010.

## 2.4. Implementación de la red

La implementación de la red es una secuencia de actividades que se realizan a partir del diseño de la red, la selección de equipos, obtener respaldos de los programas de los PLCs que controlan las máquinas, instalar y configurar los procesadores de comunicaciones, preparar e instalar los cables de red, configurar el enrutador seleccionado para las comunicaciones, instalar el adaptador inalámbrico de escritorio en la unidad terminal maestra y hacer las pruebas de comunicación.

### 2.4.1. Descarga de respaldo del software de los PLCs

El primer procedimiento a seguir para implementar la red y con objeto de tener un respaldo que permita restablecer el software contenido en el PLC, ante cualquier eventualidad a presentarse debido a fallas o errores durante el proceso de instalación y configuración de los procesadores de comunicaciones.

El requisito principal es disponer del software SIMATIC Step 7 V5.4, realizar la configuración general y administrar los cambios que se desean hacer en el programa del PLC tanto de software como de hardware.

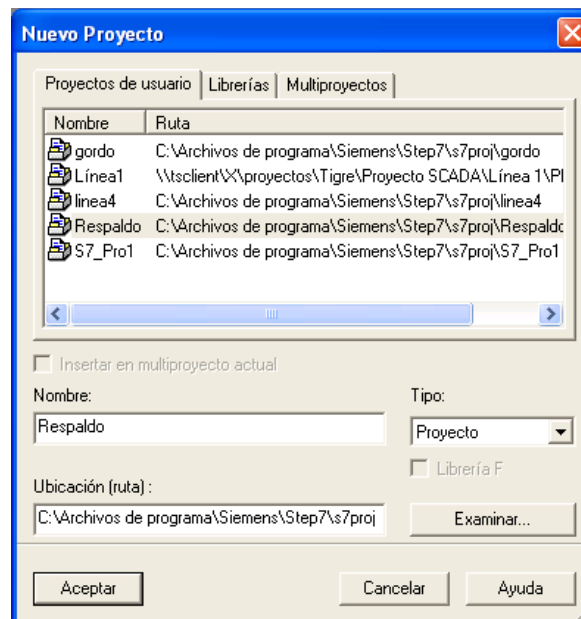
Así, los pasos que se siguen en la descarga del programa de respaldo hacia una computadora, se describen en orden en las siguientes figuras:

- Se abre el administrador SIMATIC y se crea un nuevo proyecto.



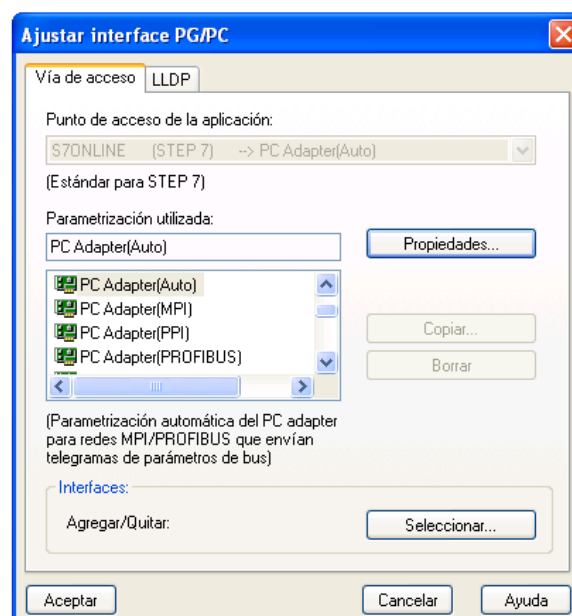
**Figura N° 2.10** SIMATIC Manager - Crear nuevo proyecto

- Se ingresa el nombre que va a tener el proyecto y se selecciona la ubicación donde se lo va a guardar.



**Figura N° 2.11** SIMATIC Manager – nombre y ubicación del proyecto.

- Se selecciona la interfaz de comunicaciones que se va a utilizar para conectar el PLC con la computadora.



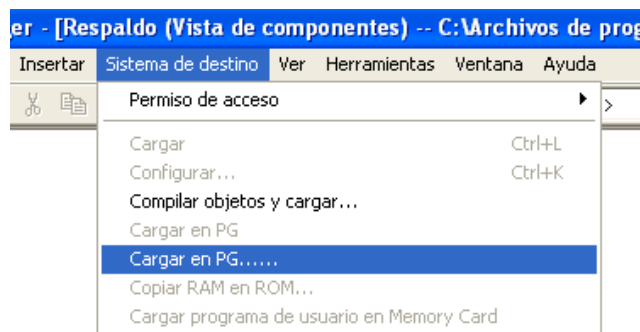
**Figura N° 2.12** SIMATIC Manager – Ajustar interface PG/PC

- En el caso de este proyecto en particular se utilizó el adaptador SIMATIC S7 PC Adapter de SIEMENS®, pero el programa presenta muchas alternativas dependiendo del tipo de comunicación que se quiere realizar.



**Figura N° 2.13** SIMATIC S7 PC Adapter de SIEMENS®<sup>35</sup>

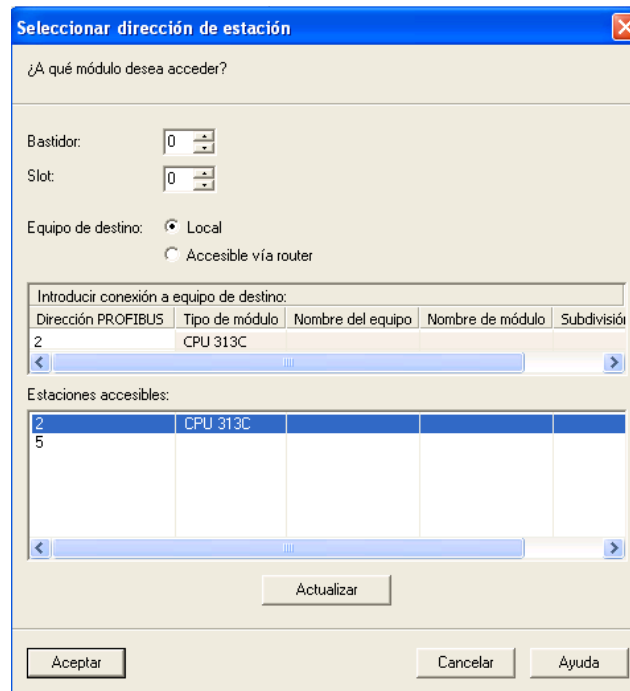
- Se selecciona el sistema de destino, es decir el elemento en el que se va a descargar la información, en este caso PG hace referencia al computador en el que se quiere guardar la información.



**Figura N° 2.14** SIMATIC Manager – Seleccionar sistema de destino

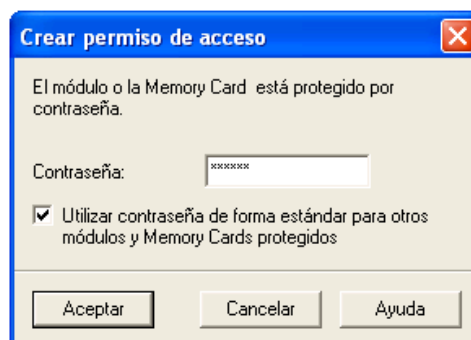
<sup>35</sup> Fuente: [http://MLV-23022340-pc-adapter-usbmpi-siemens-6es7972-0cb20-0xa0-\\_JM](http://MLV-23022340-pc-adapter-usbmpi-siemens-6es7972-0cb20-0xa0-_JM), PC Adapter-USB, 2009.

- Se selecciona la dirección de la estación, es decir al módulo al que se quiere acceder, en el caso de la figura 2.15, accedemos a la CPU 313C del PLC Simatic S7-300 dando doble clic sobre el nombre del módulo o seleccionando el modulo y dando clic en aceptar. En el caso de que no se despliegue ningún modulo hay que refrescar la información de los módulos a los que se puede tener acceso dando clic en el botón actualizar.



**Figura N° 2.15** SIMATIC Manager – Selección del módulo

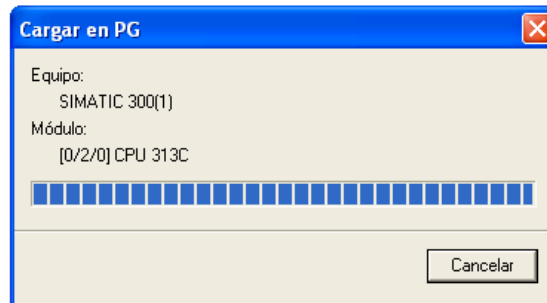
- Al querer acceder al módulo, es posible que éste tenga contraseña, por lo que se despliega un cuadro de diálogo en el que se solicita el ingreso de la contraseña.



**Figura N° 2.16** SIMATIC Manager – Ingreso de contraseña.



- Una vez ingresada la contraseña, se inicia la descarga del programa de la CPU del PLC, y se despliega una ventana con una barra de progreso que nos indica el módulo del equipo al que se está accediendo.



**Figura N° 2.17** SIMATIC Manager – Descarga de archivos.

- Finalmente, una vez concluida la descarga, se muestra una ventana con todo el programa del PLC, que contiene tanto la configuración del hardware y los bloques de programación del software contenido en la CPU del PLC.



**Figura N° 2.18** SIMATIC Manager – Vista del programa descargado.

## **2.4.2. Instalación y configuración de los procesadores de comunicaciones**

Los módulos de comunicación CP343-1 Lean de Siemens, como cualquier otro módulo que se conecte a un PLC Siemens S7-300 necesita ser configurado dentro de su hardware para que el PLC pueda procesarlo y utilizarlo de manera adecuada.

### **2.4.2.1. Instalación del módulo de comunicaciones CP343-1 Lean**

Para el proceso de instalación del módulo se recomienda seguir el procedimiento dictado por el manual del módulo, el cual se detalla a continuación.

- Montar el procesador de comunicaciones sobre el perfil de soporte en uno de los espacios permitidos, los cuales pueden ser entre el espacio 4 al 11, dentro de los bastidores de 0 a 3.
- Realizar la conexión del bus posterior del módulo mediante el conector que acompaña al módulo, esto se realiza enchufando el conector al último módulo dentro del rango de 4 a 11, y montado sobre el mismo al procesador de comunicaciones
- Conectar la alimentación del módulo, la cual se deriva directamente desde la fuente de 24V, utilizada para la alimentación de los demás módulos y de la CPU. Siempre realizar este procedimiento con la fuente desconectada.
- Conectar el procesador de comunicaciones CP 343-1 Lean a un computador o red para realizar los procedimientos de configuración.



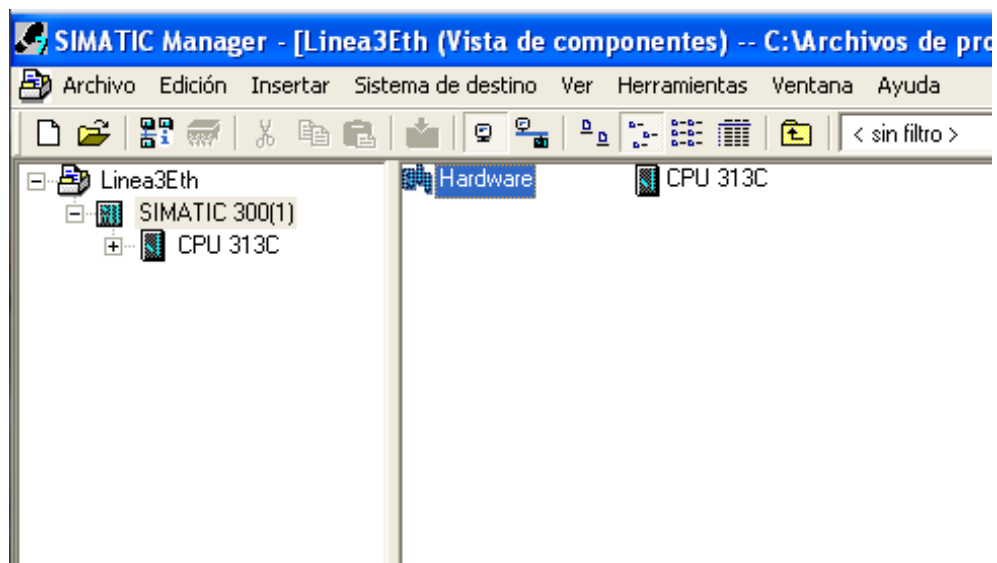
**Figura N° 2.19** Módulo procesador de comunicaciones CP 343-1 Lean en bastidor 0 y espacio 9.

#### 2.4.2.2. Configuración del módulo de comunicaciones CP 343-1 Lean

Para poder utilizar el procesador de comunicaciones necesitamos configurar el software programado del PLC, esto quiere decir adjuntar el procesador dentro de la configuración de módulos pertenecientes al PLC, además se deben establecer los valores de direcciones IP y máscaras de subred para vincular el procesador a la red de Ethernet Industrial.

Los procedimientos a seguir se detallan a continuación.

- Siguiendo el procedimiento descrito en el tema “2.4.1 Descarga de respaldo del software de los PLCs” se obtiene toda la configuración de hardware del PLC sobre el cual debemos realizar los cambios.



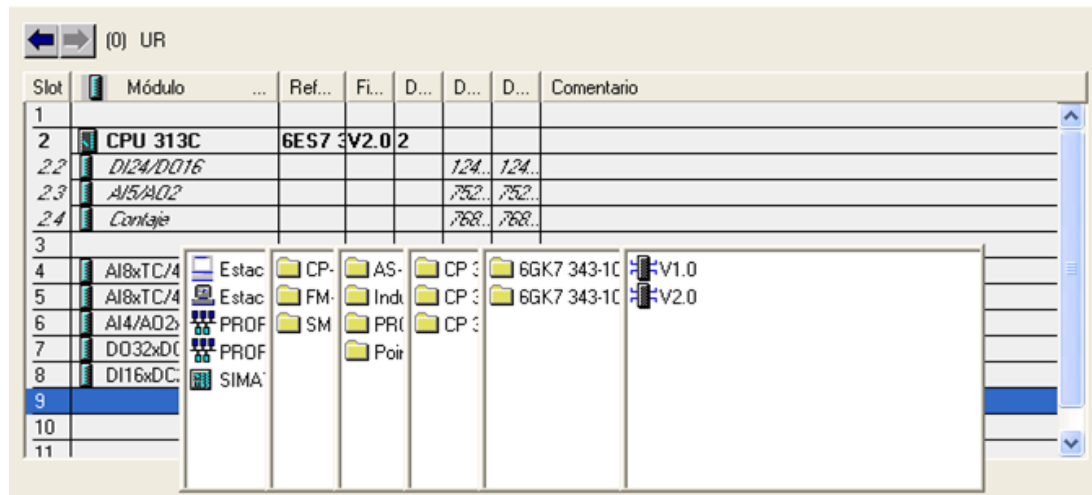
**Figura N° 2.20** Pantalla de proyecto Simatic Step7.

- Se abre la configuración de hardware del PLC dando doble clic sobre ícono obteniendo una pantalla en la cual se muestran todos los módulos de entrada/salida, conteo, entradas analógicas, etc., que se encuentran configuradas al igual que sus direcciones lógicas.

Slot	Módulo	Ref...	Fi...	D...	D...	D...	Comentario
1							
2	CPU 313C	6ES7 313-1EG02-0AB0					
2.2	DI24/DO16				124...	124...	
2.3	AI5/AO2				752...	752...	
2.4	Contaje				768...	768...	
3							
4	AI8xTC/4xRTD, Ex	6ES7 331-7EX02-0AB0			256...		
5	AI8xTC/4xRTD, Ex	6ES7 331-7EX02-0AB0			272...		
6	AI4/AO2x8/8Bit	6ES7 331-7EX02-0AB0			304...	304...	
7	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 321-1BH02-0AB0				8...11	
8	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH02-0AB0			12...1		
9							
10							
11							

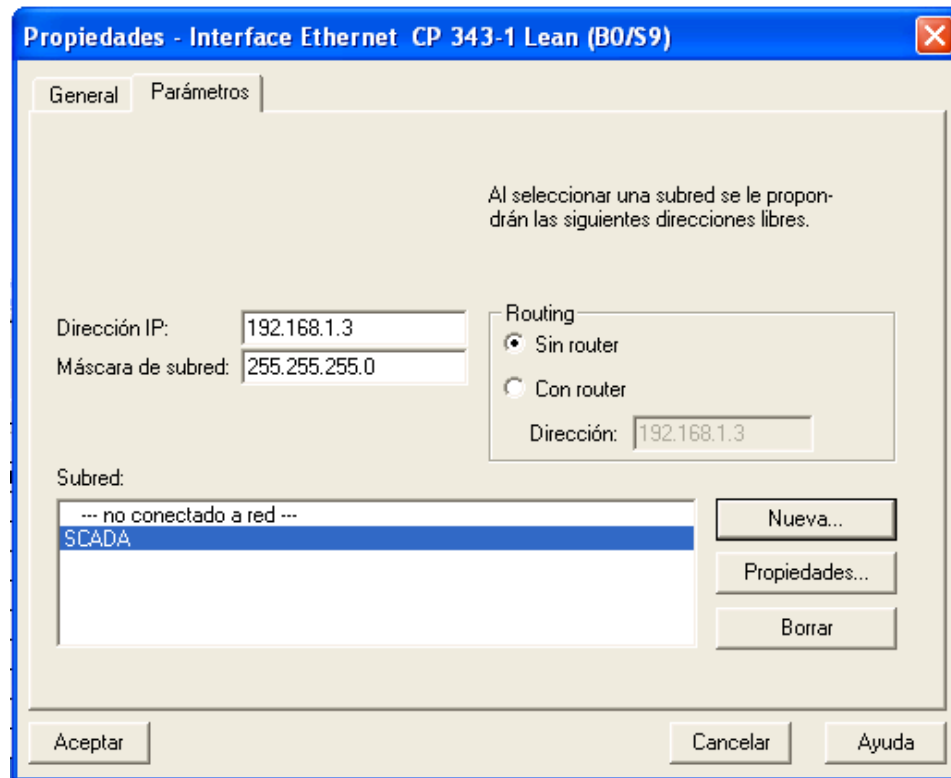
**Figura N° 2.21** Listado de módulos instalados y configurados en el PLC.

- Se debe configurar el hardware de acuerdo a la disposición física que se tenga instalada, en este caso el procesador se colocó físicamente en la posición 9 del bastidor 0, por lo cual debe ser configurado dentro de esta ubicación, porque de lo contrario el PLC no lo reconocerá y entrará en modo de error.
- Se selecciona el procesador de comunicaciones adecuado basándonos en la versión de firmware del mismo así como también el número de serie proporcionado en la caja, el cual es la referencia exacta de Siemens, para esto debemos dar clic derecho sobre el espacio donde va a ser configurado el módulo y seleccionar la opción de insertar objeto, se escoge de manera adecuada el procesador de comunicaciones. La ubicación del procesador de comunicaciones se encuentra dentro de la ruta: SIMATIC 300 -CP 300 – Industrial Ethernet – CP 343 – 1 Lean.



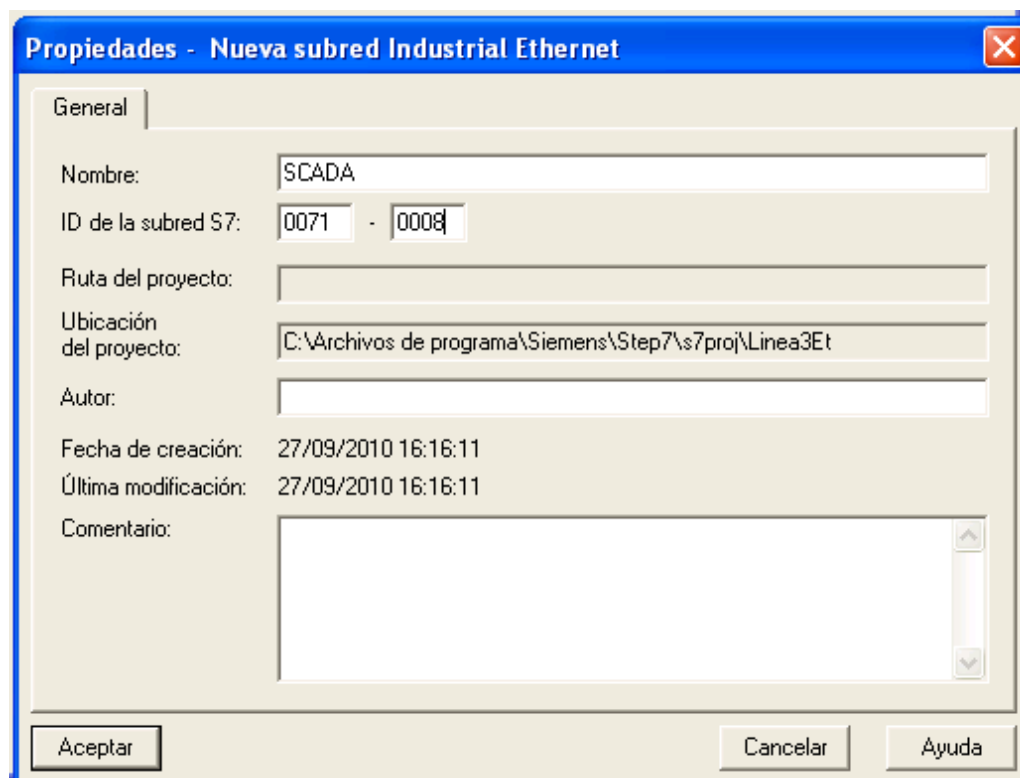
**Figura N° 2.22** Selección del procesador de comunicaciones CP 343-1 Lean V2.0

- Al finalizar esta selección aparecerá una pantalla en la cual se debe configurar la dirección IP y máscara de subred, para esto se debe tener en cuenta las configuraciones globales de equipos en red debido a que esto influye sobre la dirección que se asigne. Además se debe tener en cuenta que Siemens ofrece un campo para la administración de la red de Ethernet Industrial, por lo cual se recomienda crear una red registrada en la cual se encuentren todos los PLCs involucrados en esta subred.
- Para realizar la configuración de dirección IP y máscara de subred se debe colocar las direcciones IP reservadas para cada una de las líneas de producción las cuales van desde la dirección 192.168.1.1 hasta la dirección 192.168.1.6, y corresponden al número registrado en planta de la línea de producción, debido a que se maneja las comunicaciones mediante un enrutador este asigna la máscara de subred 255.255.255.0, que debe ser configurada también en el procesador de comunicaciones.



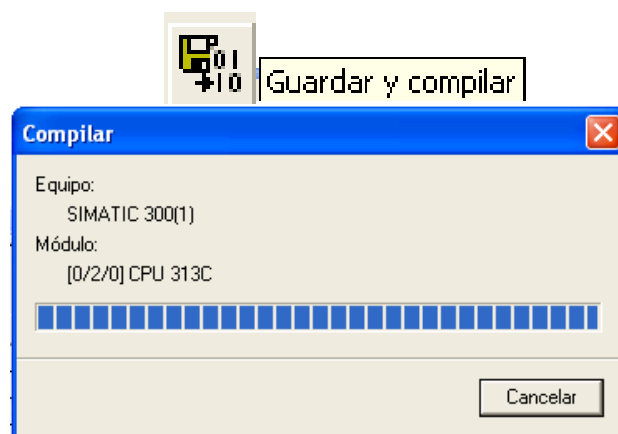
**Figura N° 2.23** Configuración IP, Máscara de subred y selección de subred.

- Si se tiene la subred creada dentro del proyecto de Step7 se procede a seleccionarla para que todos los PLCs se encuentren dentro de la misma, de lo contrario y dependiendo de los requerimientos de la red se debe crear una subred industrial.
- Dando un clic sobre el botón “Nueva” dentro de la categoría de Subred se obtiene una pantalla de configuración de la nueva subred, en la cual se debe configurar el nombre de la subred en este caso SCADA y además del ID de la subred S7, el cual consta de dos números para la identificación de la subred de equipos Simatic®.



**Figura N° 2.24** Creación de una nueva subred de equipos Simatic®.

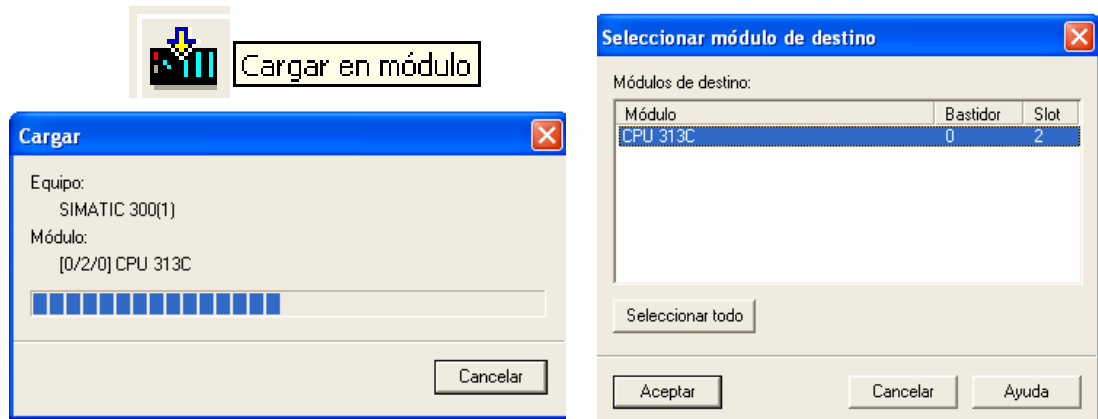
- Con la configuración del procesador de comunicaciones completa se procede a guardar y compilar todos los cambios en el cuadro de diálogo de configuración de hardware del PLC.



**Figura N° 2.25** Guardar y compilar la nueva configuración de hardware.

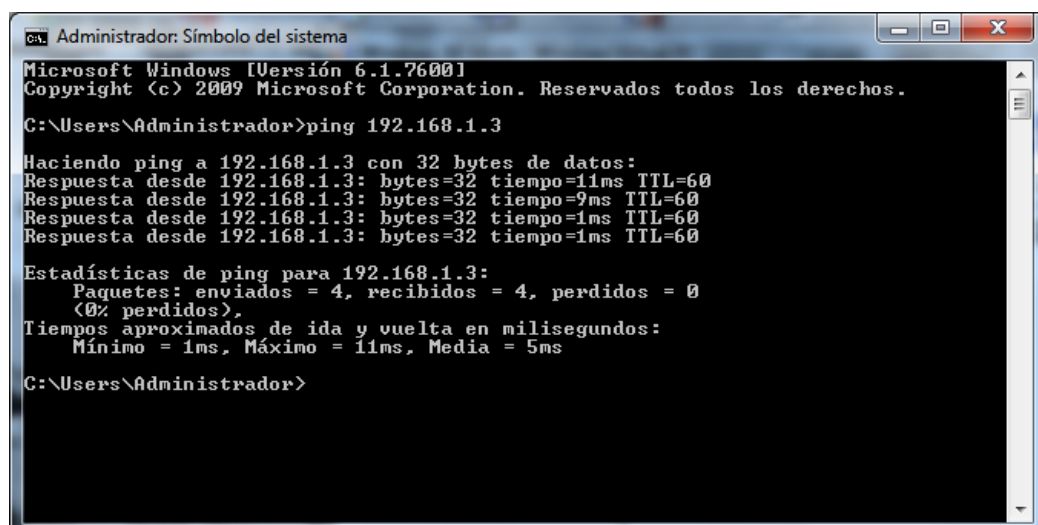


- Se procede con la descarga de las nuevas configuraciones al PLC mediante cualquier tipo de adaptador con interfaz MPI, para esto simplemente se debe dar clic sobre el ícono del botón “Cargar en módulo”, a continuación se selecciona la CPU a la cual se descargara las nuevas configuraciones.



**Figura N° 2.26** Carga de la nueva configuración de hardware a la CPU del PLC.

- Finalmente se realiza una prueba de envío y recepción de datos conocida como “Ping”, para lo cual se procede a poner en modo de “Run” al PLC, se conecta un cable de red punto a punto entre el computador y procesador de comunicación. Mediante la consola de “Símbolo de Sistema” de Windows se realiza la prueba de ping a la dirección IP del módulo.



**Figura N° 2.27** Prueba de envío y recepción de paquetes de datos.

### 2.4.3. Preparación de los cables de red e instalación

Para la preparación de los cables de red, se requiere tanto del conductor seleccionado (cable utp categoría 6 clase E), como los conectores (IE FC RJ45).

Para armar los cables de red, lo que se tiene que hacer es insertar cada hilo dentro del zócalo correspondiente y cerrar el conector hasta que se asegure.

Luego de esto se realizan pruebas de comunicación para verificar la correcta transmisión y recepción de datos.



**Figura N° 2.28** Preparación de los cables de red.

La siguiente tabla muestra la asignación entre los pines de un IE FC RJ45 Plug 2x2 y los cuatro cables de color de un cable de instalación IE FC 2x2 para marcación de cables sin cruzar.

Numero de Pin	Color del Cable	Función
1	Verde/blanco	Tx+
2	Verde	Tx-
3	Naranja/blanco	Rx+
6	Naranja	Rx-

**Tabla N° 2.2** Código de colores para conexión IE FC RJ45 Plug 2x2

#### 2.4.4. Instalación del Adaptador inalámbrico de escritorio D-Link® n 150 DWA-525

Para la instalación del adaptador inalámbrico de escritorio D-Link® n 150 DWA-525, primero es necesario instalar los controladores de la tarjeta, esto se realiza insertando el CD de instalación que viene junto con la tarjeta, se ejecuta entonces el asistente mediante el cual se selecciona la ubicación en la que se desea guardar los archivos de los controladores:



**Figura N° 2.29** Asistente de instalación D-Link® n 150 DWA-525

Una vez instalados los controladores de la tarjeta, se instala la tarjeta inalámbrica dentro del CPU de la computadora que va a recibir los datos (MTU), para lo cual se siguen los pasos descritos a continuación.

Se abre la cubierta de la CPU del computador seleccionado para el sistema y se identifica el puerto PCI disponible en la tarjeta madre del computador.

PCI (*Peripheral Component Interconnect*, Interconexión de Componentes Periféricos) son ranuras de expansión de la placa madre de un ordenador en las que se pueden conectar tarjetas de sonido, de vídeo, de red y otras.<sup>36</sup>

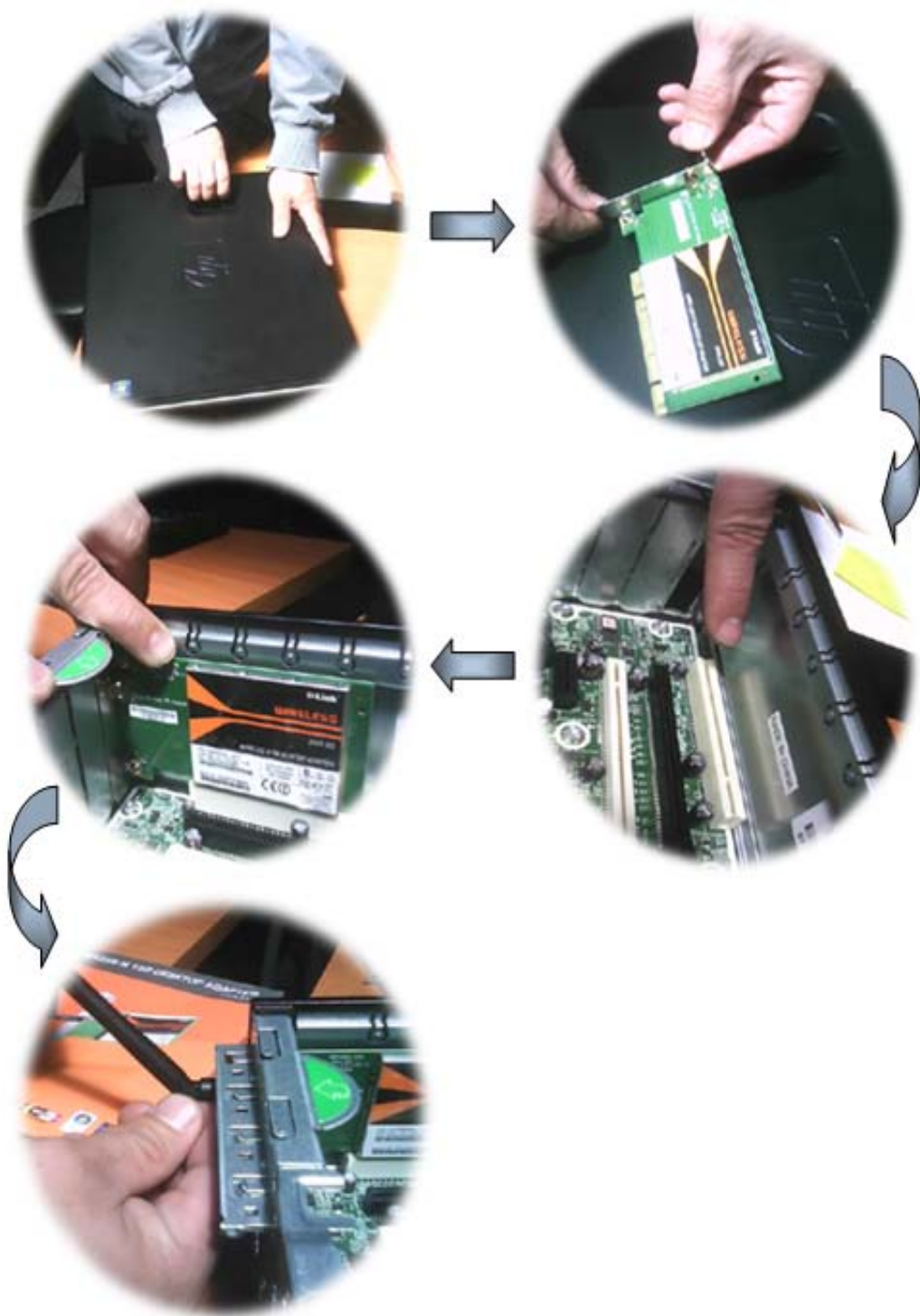
A continuación se toma la tarjeta y se la inserta en el puerto PCI seleccionado, asegurándose que ésta quede firme.

El último procedimiento es volver a colocar la cubierta del CPU del computador e insertar la antena de la tarjeta, teniendo en cuenta que no debe direccionarse hacia superficies metálicas, cerca de campos electromagnéticos ni emisores de microondas, para asegurar su óptimo funcionamiento.

Las figura a continuación muestra los pasos seguidos para la instalación física de la tarjeta de red inalámbrica (adaptador inalámbrico de escritorio D-Link® n 150 DWA-525).

---

<sup>36</sup> Wikipedia, PCI, 2010, [http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto\\_\(inform%C3%A1tica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Puerto_(inform%C3%A1tica)).



**Figura N° 2.30** Instalación del adaptador inalámbrico de escritorio D-Link® n 150  
DWA-525

#### 2.4.5. Configuración del enrutador

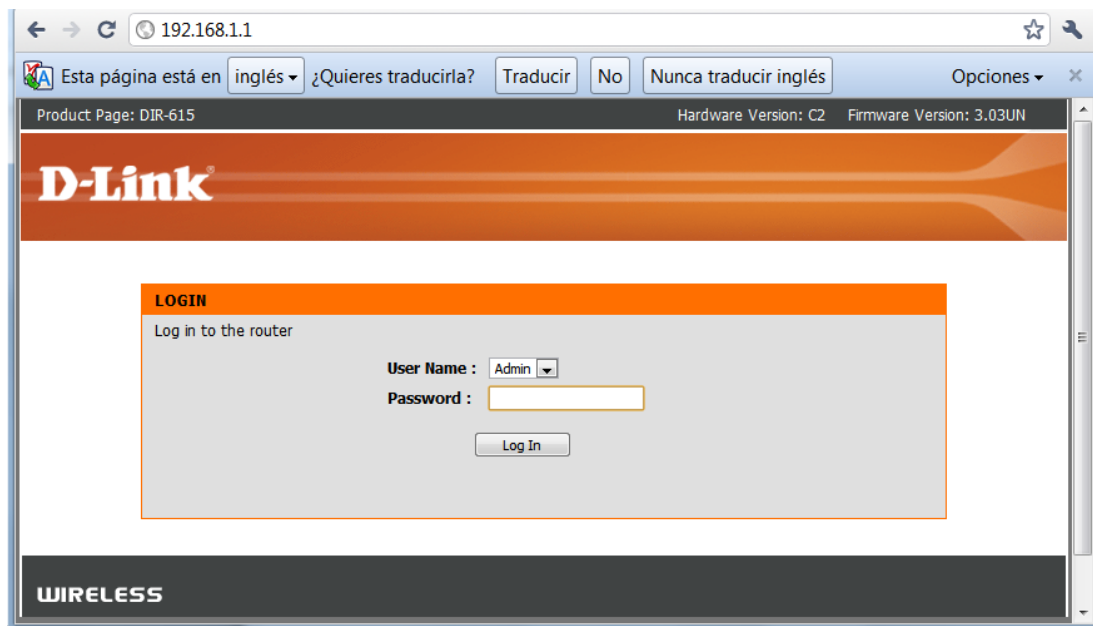
El enrutador se configura para poder tener un control de acceso limitado a la red evitando con esto cualquier tipo de violación de la red establecida, además de tener un registro de las direcciones físicas de los equipos que se conecten al mismo, para lo cual se realiza el procedimiento descrito a continuación.

- Se debe conectar el enrutador y el computador mediante un cable de red punto a punto.



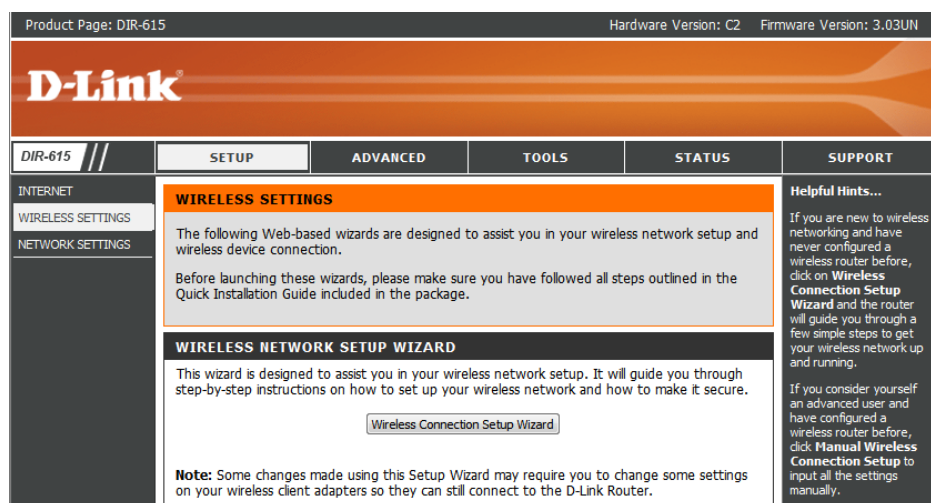
**Figura N° 2.31** Conexión enrutador y computador.

- Para acceder a la página de configuración del enrutador se debe verificar en el manual la dirección de la misma en este caso particular la dirección es 192.168.1.1, al ingreso solicita la contraseña, la cual por defecto no existe.



**Figura N° 2.32** Prueba de envío y recepción de paquetes de datos.

- Dentro de la página del enrutador se deben seguir los procedimientos de configuración asistida para las propiedades inalámbricas dentro de la opción de “*Wireless Connection Setup Wizard*”, el asistente guía al usuario para configurar el nombre de la red inalámbrica al igual que la contraseña y tipo de seguridad.



**Figura N° 2.33** Asistente de configuración para las propiedades inalámbricas del enrutador.

- Dentro de la pestaña de “*Network Setting*” se debe realizar las reservaciones de direcciones IP para los procesadores de comunicaciones, asegurándonos de esta manera que el enrutador no otorgue dichas direcciones IP a cualquier otro dispositivo que se conecte dentro de la red, para evitar cualquier tipo de conflictos de direcciones IP que se pueda dar.

**Figura N° 2.34** Página de configuración de las opciones de red del enrutador.

- Dentro de las configuraciones para la reserva de direcciones IP se deben colocar las direcciones físicas de las mismas o también conocidas como direcciones MAC de los procesadores de comunicaciones, las cuales se encuentran en un costado de los mismos, y su correspondiente dirección IP, además de un nombre para identificar al equipo de red, se guardan todos los cambios realizados y esperar que el enrutador se reinicie.

**Figura N° 2.35** Reservación de direcciones IP.



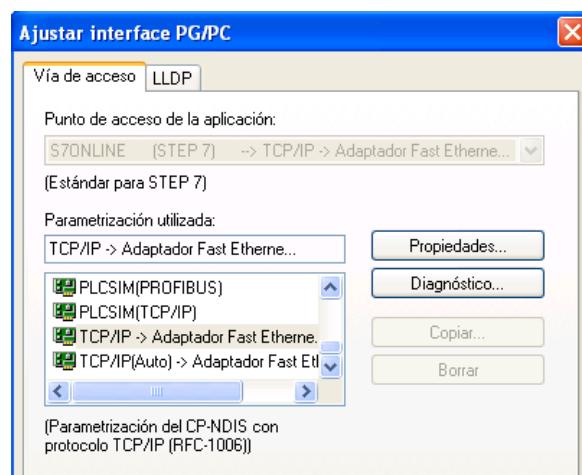
## 2.5. Pruebas de comunicación

Para verificar el funcionamiento correcto de todos los dispositivos elementos tanto pasivos como activos dentro de la red se deben realizar pruebas de comunicación las cuales reflejen resultados de acuerdo al diseño primario de la red; es decir que todas las tasas de transferencia entre los diferentes equipos sean las correctas, así como también la calidad de los datos enviados y recibidos.

### 2.5.1. Verificación de estaciones Ethernet

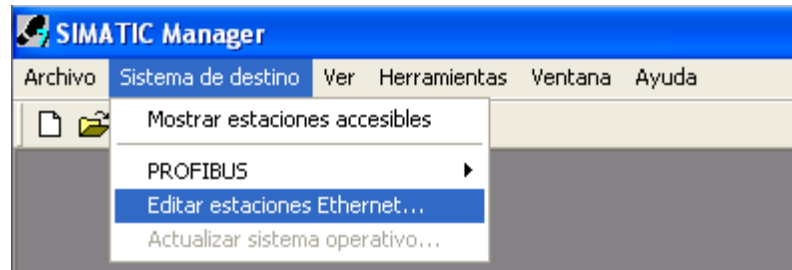
Para realizar esta verificación se utiliza el administrador de Simatic® Step7 v5.4, dentro del cual se puede realizar un reconocimiento de los equipos en red, para esto se procede de la siguiente manera:

- Se debe seleccionar la interfaz PG/PC adecuada para este tipo comunicación, por lo que en la pantalla de selección de la interfaz se debe escoger la interfaz de comunicación por protocolo TCP/IP (RFC-1006).



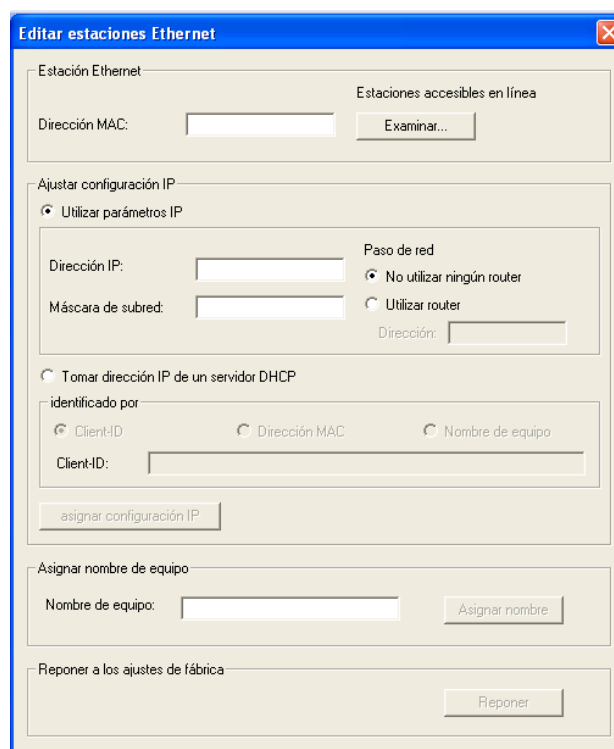
**Figura N° 2.36** Configuración de interfaz de comunicaciones.

- Una vez seleccionada la interfaz se procede a verificar la estaciones Ethernet disponibles, mediante la utilización del recurso “Editar estaciones Ethernet”



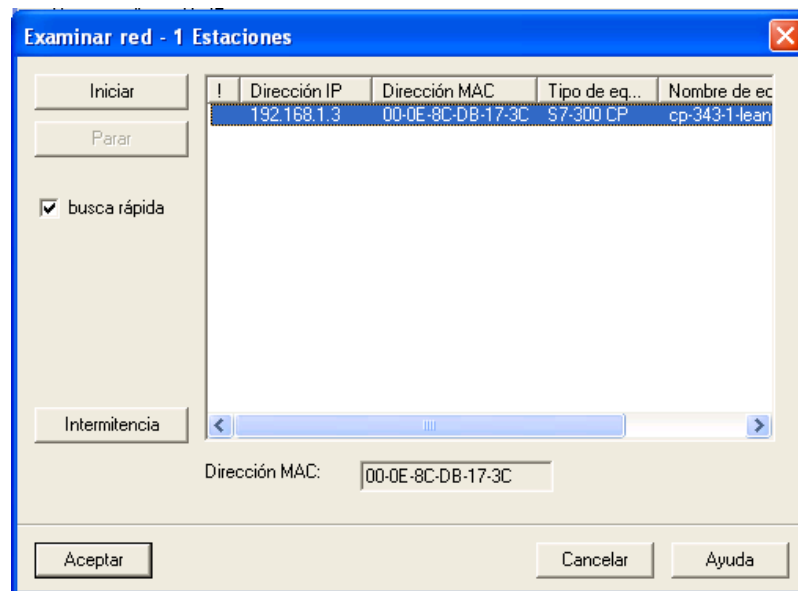
**Figura N° 2.37** Configuración de interfaz de comunicaciones.

- Dentro la pantalla de “Editar estaciones Ethernet” se da clic sobre la opción de “Examinar”, de esta manera poder observar todos los equipos que se encuentren dentro la red.



**Figura N° 2.38** Pantalla para editar las estaciones Ethernet.

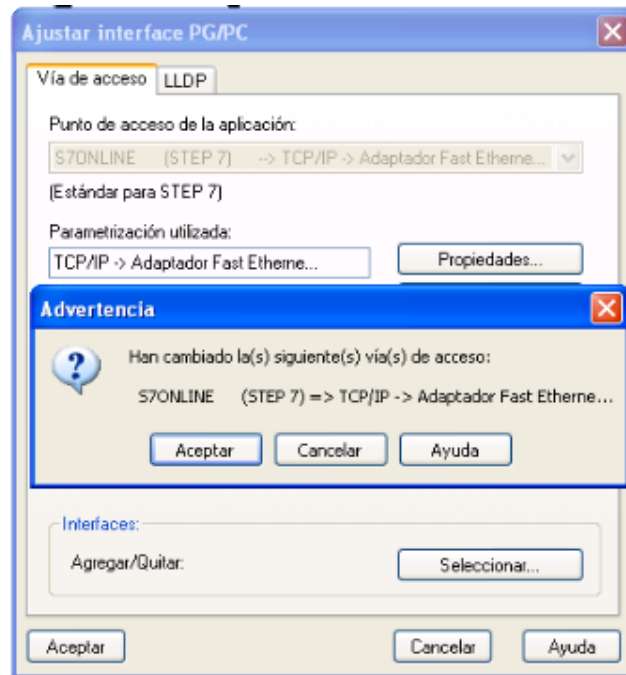
- Al momento de examinar todas las estaciones Ethernet disponibles se debe verificar si las direcciones MAC corresponden a las direcciones IP asignadas anteriormente, y además que no exista ningún tipo de conflicto o error.



**Figura N° 2.39** Examinar estaciones Ethernet.

### 2.5.2. Acceso remoto S7-Online

Para realizar la verificación de transmisión y recepción de datos en cada PLC, se debe tratar de acceder a toda la información del programa del PLC de manera remota, esto quiere decir realizar el procedimiento descrito en el tema Cfr. Supra “2.4.1 Descarga de respaldo del software de los PLCs”, con la variación en la selección de la interfaz de comunicaciones, la cual debe ser por medio de TCP/IP (RFC1006).



**Figura N° 2.40** Configuración de interfaz de comunicaciones S7 Online

Con la interfaz seleccionada se debe continuar con el procedimiento antes descrito, para verificar el acceso a la CPU del PLC por medio del procesador de comunicaciones, debido a las normas de transmisión de datos que maneja la interfaz de S7 Online, se puede comprobar si la velocidad y transmisión de los datos son correctos, ya que si no se logra ingresar en modo online, esto es un indicador de una falla en la red de comunicaciones.

## **CAPITULO III**

### **INTERFAZ GRÁFICA**

#### **3.1. SERVIDOR OPC**

Los servidores OPC son un mecanismo estándar para comunicar una gran cantidad de fuentes de datos, así como dispositivos de campo o una base de datos en una sala de control, ese es el principal objetivo de OPC.

##### **3.1.1. Generalidades**

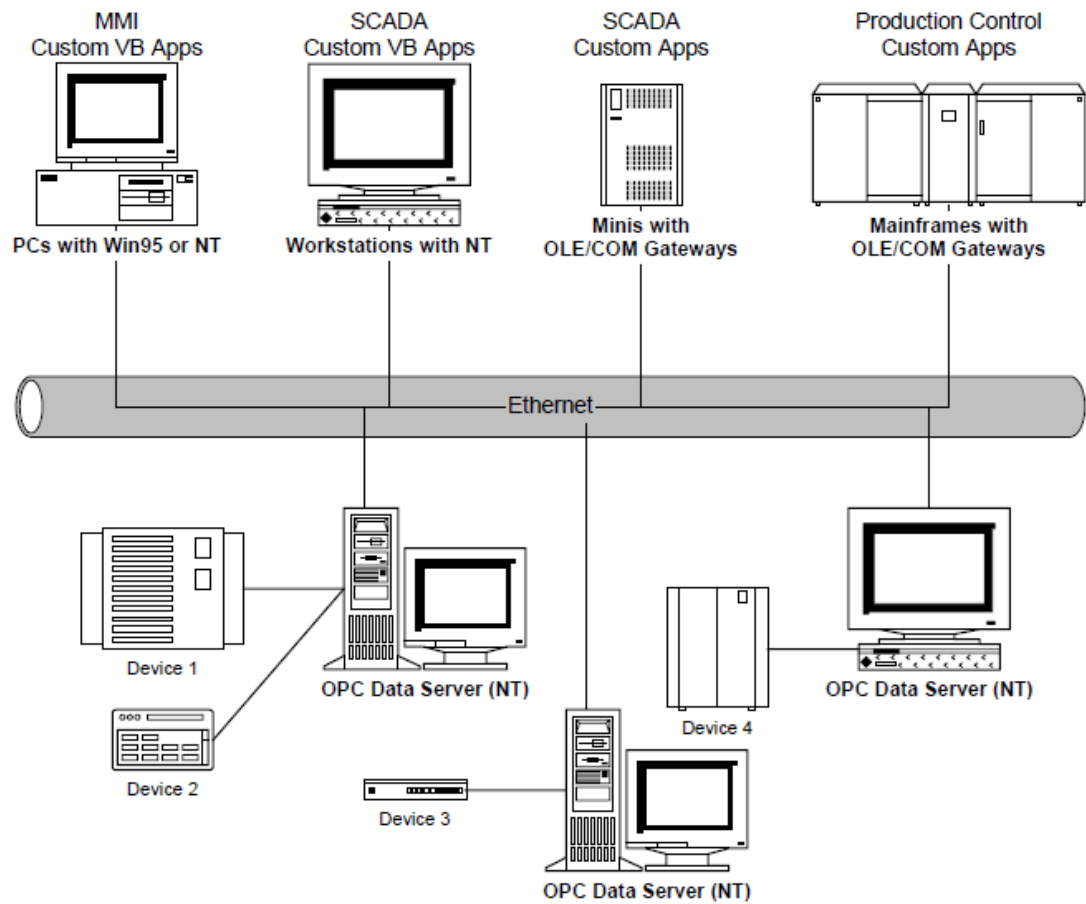
OLE<sup>37</sup> para Procesos de Control (OPC™) está diseñado para permitir a las aplicaciones que trabajan como clientes el acceso a los datos de los dispositivos de campo de una manera consistente. OPC brinda facilidades tales como:

- Los productores de equipos necesitan realizar una sola configuración del programa para que el cliente tenga acceso al dispositivo.
- Los desarrolladores de programas no tienen que reescribir los controladores debido a los cambios que pueda tener el equipo o el lanzamiento de un modelo nuevo.
- Los consumidores tienen más opciones con las cuales desarrollar los sistemas integrados de producción.

---

<sup>37</sup> Object Linking and Embedding (OLE), es una tecnología desarrollada por Microsoft, la cual permite integrar y vincular objetos a documentos y otros tipos objetos.

Con OPC, los sistemas se integran en entorno computacional heterogéneo, lo cual los vuelve sencillos.

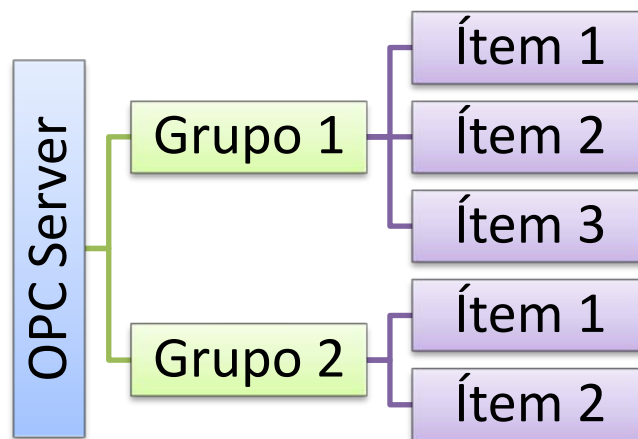


**Figura N° 3.1** Entorno computacional heterogéneo<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Fuente: SIMATIC NET Manual Collection, pgh\_opcoverviewdrf3\_76.pdf, Entorno computacional heterogéneo, 2010.

### 3.1.2. Acceso de datos OPC

En un nivel alto, un servidor de acceso de datos OPC está comprendido por varios objetos, el servidor, el grupo y el ítem. Los objetos del OPC server mantienen la información de los servidores como un contenedor para los grupos de objetos OPC. Los grupos de objetos OPC mantienen la información acerca de si mismos y provee el mecanismo para contener y organizar de manera lógica todos los ítems OPC.

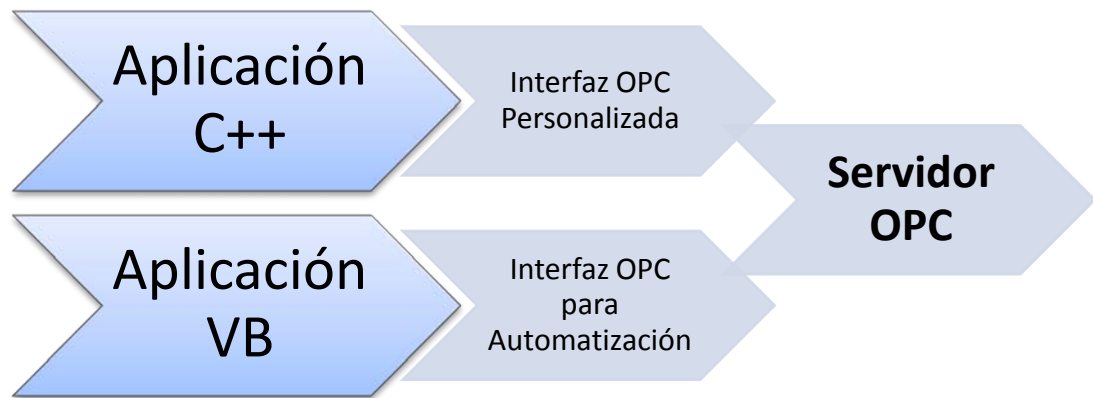


**Figura N° 3.2** Relación Grupo/Ítem

Los Ítems OPC representan conexiones a fuentes de datos en el servidor. Un Ítem OPC, desde el punto de vista de interfaz personalizada, no es accesible como un objeto mediante un Cliente OPC. Por lo tanto no existe una interfaz externa definida para un Ítem OPC. Todo acceso hacia un Ítem OPC es mediante un objeto de Grupo OPC el cual contiene el Ítem OPC, o simplemente donde el Ítem OPC ha sido definido.

### 3.1.3. Arquitectura y Componentes OPC

Las especificaciones OPC siempre contienen 2 juegos de interfaces, las interfaces personalizadas y las interfaces para automatización. El comportamiento de las interfaces está definido por la aplicación cliente que se utilice.



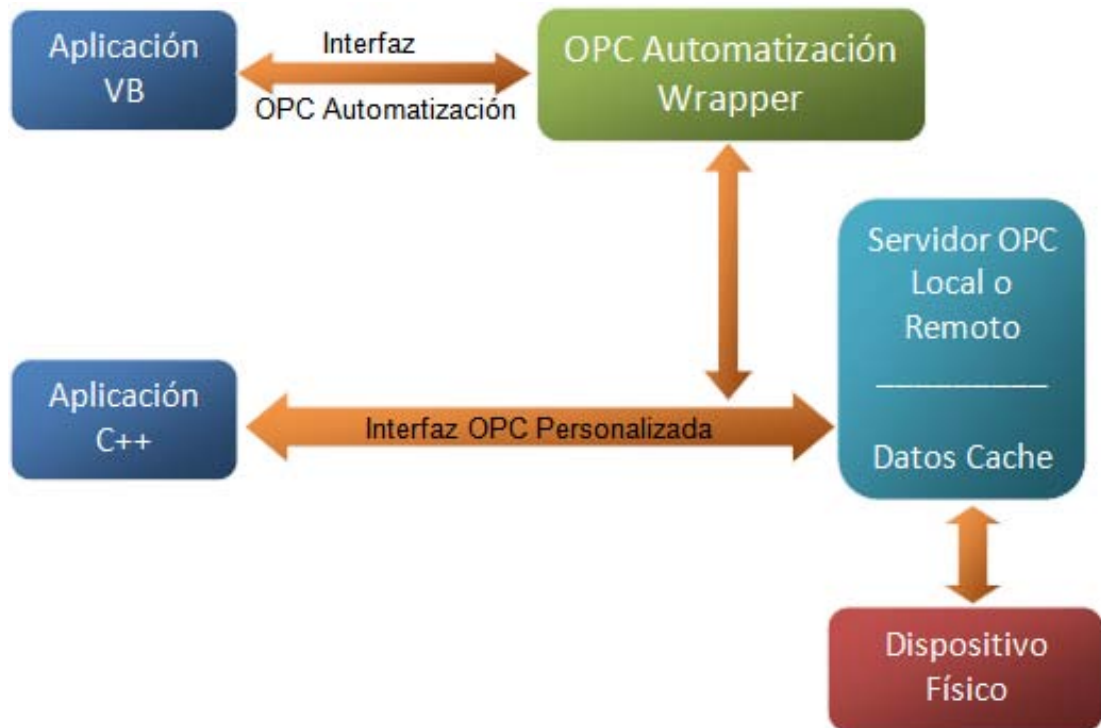
**Figura N° 3.3** Interfaces OPC

La arquitectura OPC es un modelo cliente-servidor donde el servidor OPC brinda una interfaz para manejar todos los objetos OPC.

Existen varias consideraciones en la implementación del servidor OPC. El problema principal es la frecuencia de transferencia de datos sobre directorios de comunicaciones no compartidos hacia dispositivos físicos u otro tipo de base de datos.



Una aplicación de cliente OPC se comunica a un servidor OPC mediante una interfaz personalizada y una interfaz de automatización. En algunos casos OPC *Foundation* otorga un contenedor estándar para la interfaz de automatización. Este “wrapperDLL” puede ser usado por cualquier vendedor.



**Figura N° 3.4** Arquitectura OPC típica

Aunque los servidores OPC están principalmente diseñados para acceder a datos desde una red de servidores, las interfaces OPC pueden ser usadas en muchos lugares dentro de una aplicación. En los niveles más bajos se pueden adquirir datos en bruto desde los dispositivos físico hacia un sistema SCADA o DCS<sup>39</sup> dentro de una aplicación.

---

<sup>39</sup> Sistemas de Control Distribuidos.

La arquitectura y el diseño hace posible construir un servidor OPC el cual permita a la aplicación cliente acceder a los datos desde varios servidores OPC provistos por diferentes vendedores corriendo en diferentes nodos por medio de un único objeto.



**Figura N° 3.5** Relación Cliente/Servidor

## 3.2. DESARROLLO DE LA INTERFAZ DE PRUEBAS

Antes del desarrollo de toda la interfaz gráfica del sistema, se realizan prueba de comunicaciones y adquisición de señales, las cuales ayudan a resolver de manera sencilla cualquier tipo de problema que pueda surgir al momento de leer y escribir las variables de los diferentes PLCs.

### 3.2.1. Selección del Servidor OPC

El servidor OPC es la parte más crítica en el momento de la adquisición de datos desde los diferentes PLC existentes, ya que del mismo maneja las conexiones que se realizan y los tiempos de actualización de variables. También se debe tener en cuenta el software sobre el cual se va a realizar toda la interfaz gráfica del usuario y la programación lógica del sistema. Teniendo en cuenta estos dos aspectos y para evitar cualquier tipo de incompatibilidad entre el servidor OPC y LabVIEW la opción más apropiada es el servidor OPC de National Instruments™.

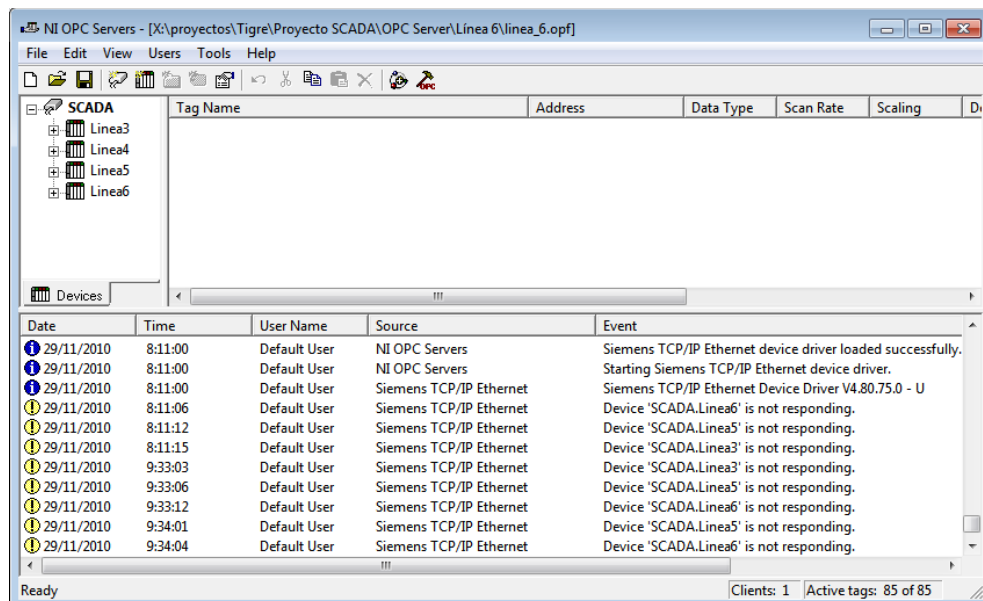


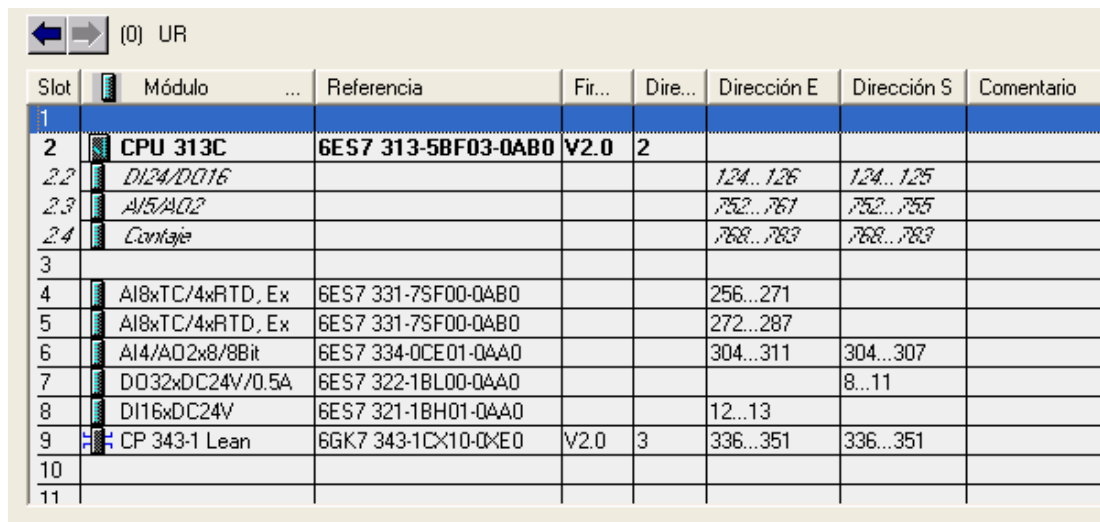
Figura N° 3.6 Servidor OPC de National Instruments

### 3.2.2. Vinculación de Variables

#### 3.2.2.1. Identificación de variables

##### 3.2.2.1.1. Variables físicas

Todas las variables relacionadas con los elementos involucrados en el proceso productivo poseen direcciones lógicas establecidas dentro de cada una de las configuraciones de hardware de los equipos; es decir para poder acceder a todos los medios físicos conectados a los módulos de los PLCs, se necesita tener su dirección lógica. Para esto debemos acceder a los respaldos de programa de los PLCs como se indica en el tema “2.4.1 Descarga de respaldo del software de los PLCs”, dentro de los cuales se tiene la configuración de Hardware de cada uno de ellos.



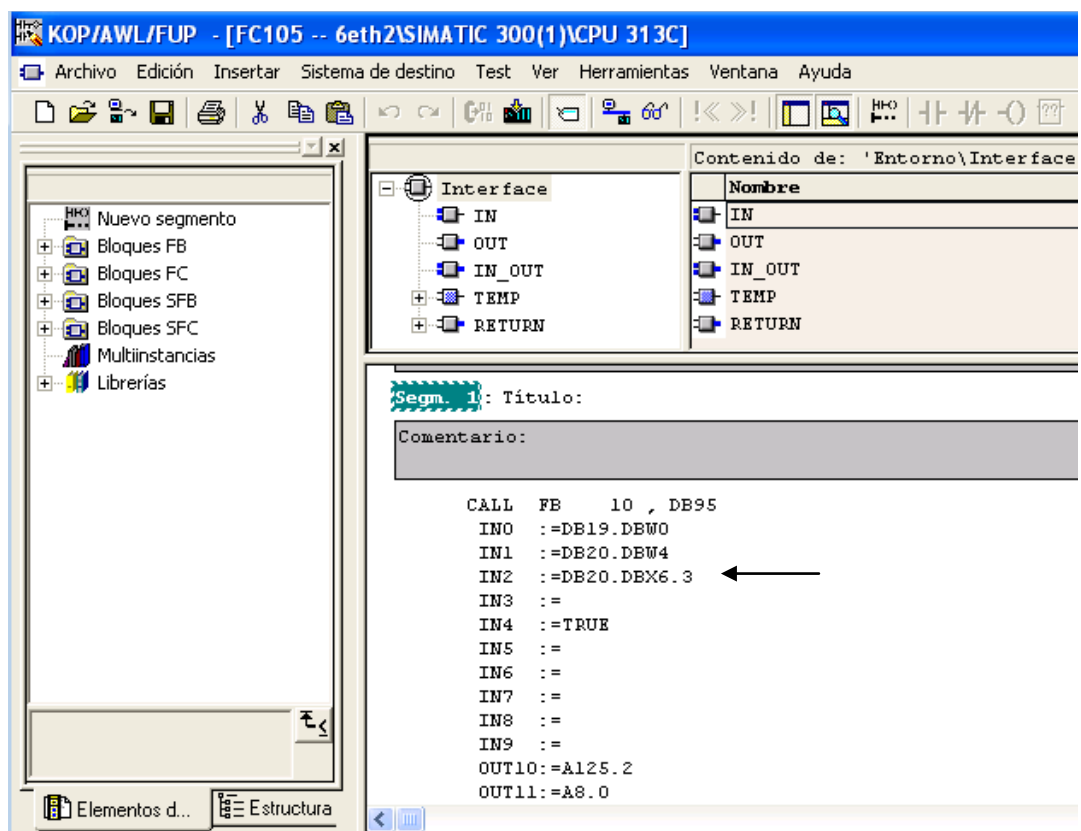
Slot	Módulo	Referencia	Fir...	Dire...	Dirección E	Dirección S	Comentario
1							
2	CPU 313C	6ES7 313-5BF03-0AB0	V2.0	2			
2.2	DI24/DO16				124...126	124...125	
2.3	AI5/AO2				752...761	752...755	
2.4	Contaje				768...783	768...783	
3							
4	AI8xTC/4xRTD, Ex	6ES7 331-7SF00-0AB0			256...271		
5	AI8xTC/4xRTD, Ex	6ES7 331-7SF00-0AB0			272...287		
6	AI4/AO2x8/8Bit	6ES7 334-0CE01-0AA0			304...311	304...307	
7	DO32xDC24V/0.5A	6ES7 322-1BL00-0AA0				8...11	
8	DI16xDC24V	6ES7 321-1BH01-0AA0			12...13		
9	CP 343-1 Lean	6GK7 343-1CX10-0XE0	V2.0	3	336...351	336...351	
10							
11							

**Figura N° 3.7** Configuración de Hardware Administrador Step7

Con la ayuda de esta información y los manuales de operación de cada una de las líneas de extrusión se puede obtener una identificación clara de las variables y sus direcciones lógicas. Ver Anexo 2 “DIRECCIONES LÓGICAS”.

### 3.2.2.1.2. Variables lógicas

Los controles de encendido, puntos de ajuste (set points), relaciones de velocidad, corriente, presión y torque son variables lógicas, las cuales se encuentran compartidas tanto en los PLCs como en los paneles de operador. Estas variables se encuentran dentro de los bloques función los cuales manejan las conversiones de unidades y pendientes de rango de las variables, por lo cual estas direcciones se encuentran relacionadas directamente con los bloques de base de datos en los cuales están almacenadas.



**Figura N° 3.8** Bloque de función con variables lógicas

### 3.2.2.2. Configuración del servidor OPC de National Instruments

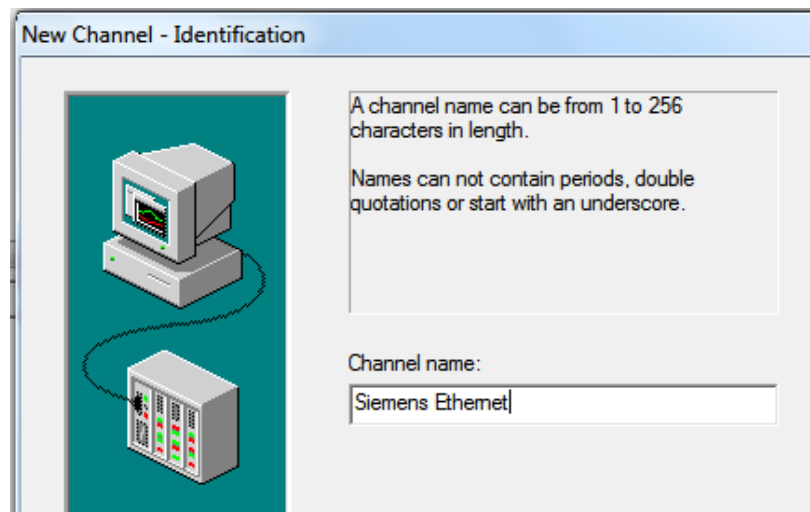
Dentro del servidor OPC de National Instruments se deben configurar tanto el “Canal” como los dispositivos dentro de ese canal o medio de comunicaciones, y posteriormente los diferentes ítems correspondientes a cada dispositivo.

#### 3.2.2.2.1. Configuración del Canal

El canal es el puerto de comunicaciones por el cual se va a llevar a cabo la transferencia de datos entre los diferentes dispositivos conectados y la unidad terminal maestra (MTU), en este caso la tarjeta de red inalámbrica instalada en el computador.

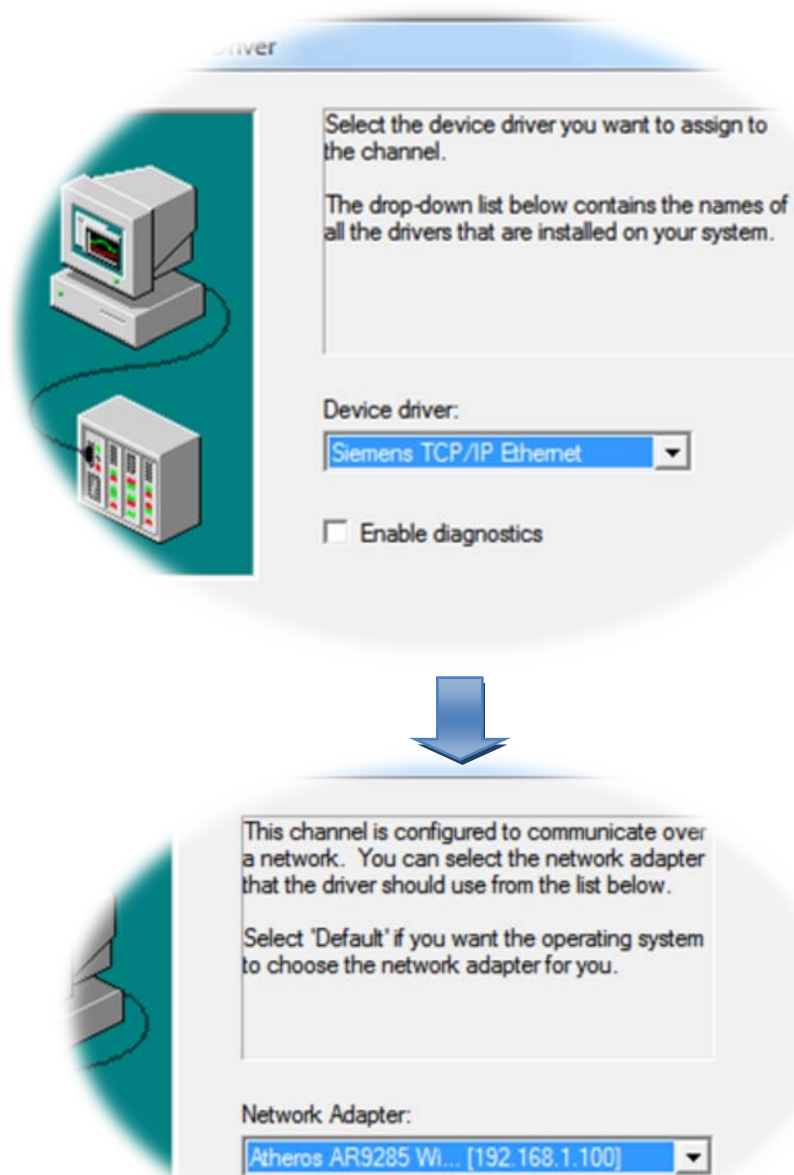
Para esta configuración se debe realizar el siguiente procedimiento:

- Dentro de la pantalla del servidor OPC se debe crear un archivo nuevo, en este momento aparece la opción de “*Clic to add channel*”, donde se otorga un nombre al canal.



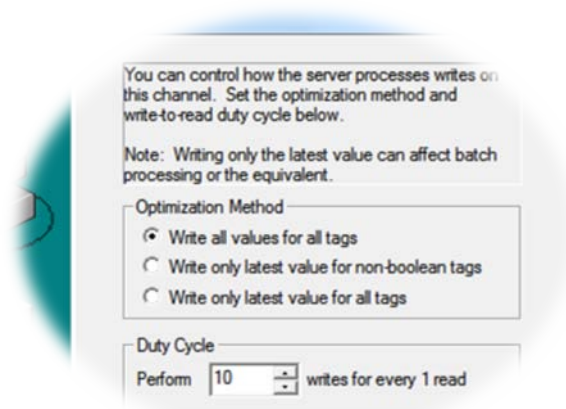
**Figura N° 3.9** Nombre del canal de comunicaciones Servidor OPC.

- Una vez creado el nombre del canal se procede a configurar el controlador (driver) del dispositivo el cual es el protocolo que se debe manejar para establecer la comunicación con el PLC, en este caso Ethernet, debido a este protocolo se debe seleccionar además el adaptador de red para la transmisión de los datos.



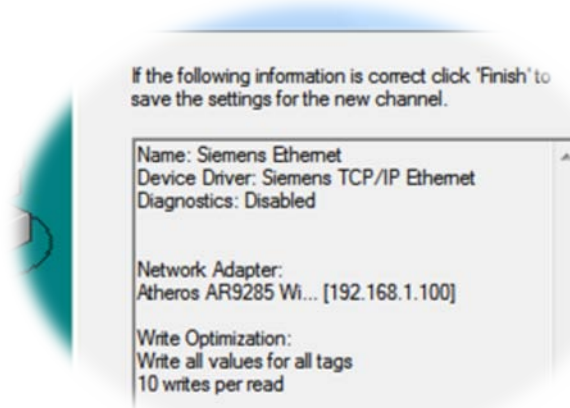
**Figura N° 3.10** Configuración del protocolo y adaptador de Red Servidor OPC.

- Dentro de la configuración del canal también se configuran todas las opciones de escritura para poder optimizar la escritura de los datos, la selección depende del comportamiento de los datos dentro de los diferentes programas.



**Figura N° 3.11** Configuración de escritura – Servidor OPC.

- Finalmente se obtiene un cuadro de resumen en el cual se indican todas las configuraciones realizadas con anterioridad para realizar una verificación completa de los parámetros.

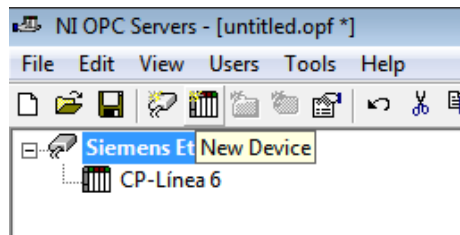


**Figura N° 3.12** Resumen de configuración del Servidor OPC.



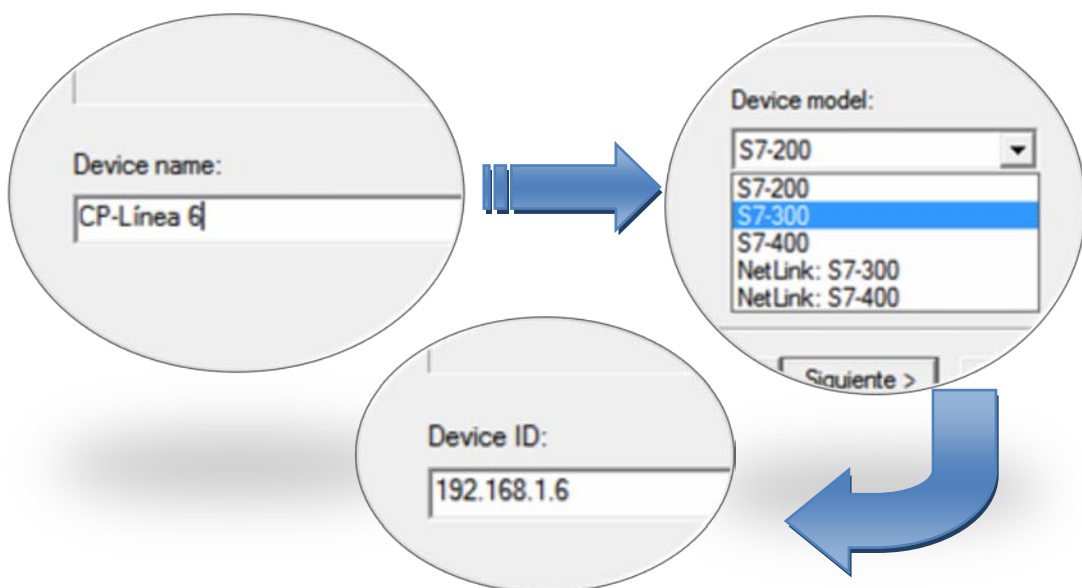
#### 3.2.2.2.2. Configuración del dispositivo

Dentro de la configuración se establecen los parámetros de identificación del dispositivo, para acceder a la misma se debe dar clic sobre el ícono de “New Device”.



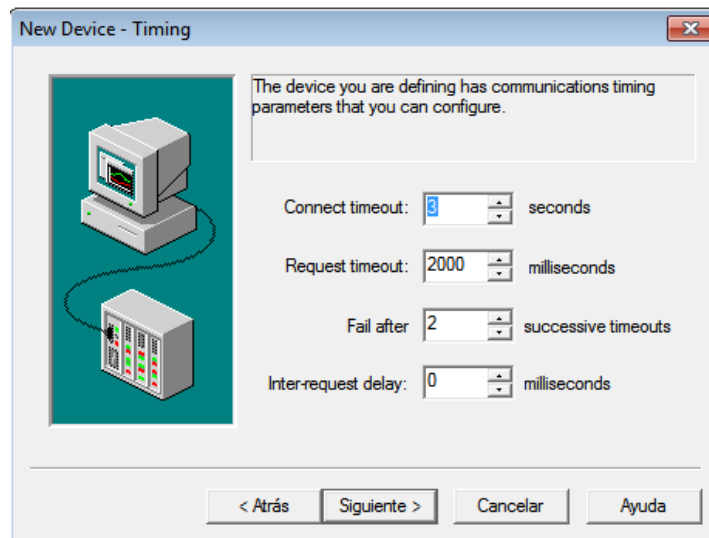
**Figura N° 3.13** Agregar nuevo dispositivo en el Servidor OPC.

- Se debe configurar el nombre del equipo, modelo del equipo e identificación del mismo, la cual en este caso corresponde a la dirección IP asignada al dispositivo con anterioridad.

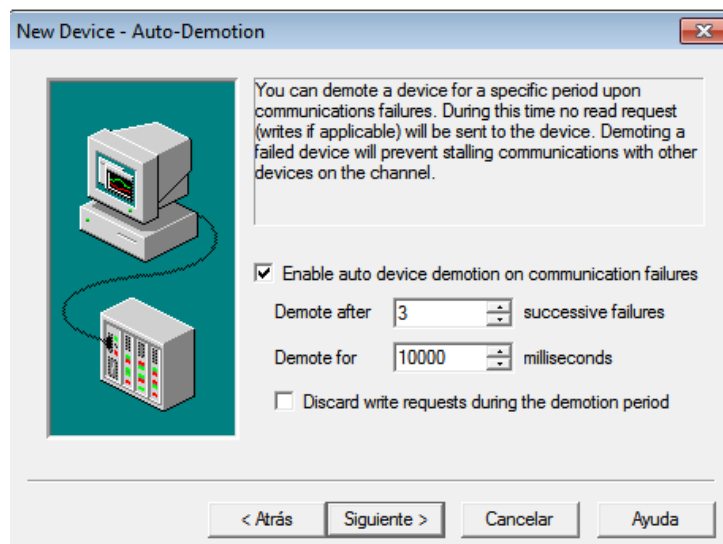


**Figura N° 3.14** Configuraciones de identificación del dispositivo en el Servidor OPC.

- Las configuraciones de “Tiempo de Espera (*Time Out*)” se deben configurar en función del acceso al dispositivo y las características de mantenimiento del equipo, para de esta manera poder controlar el acceso del servidor OPC al equipo, evitando demoras en la adquisición de datos desde otros dispositivos activos.

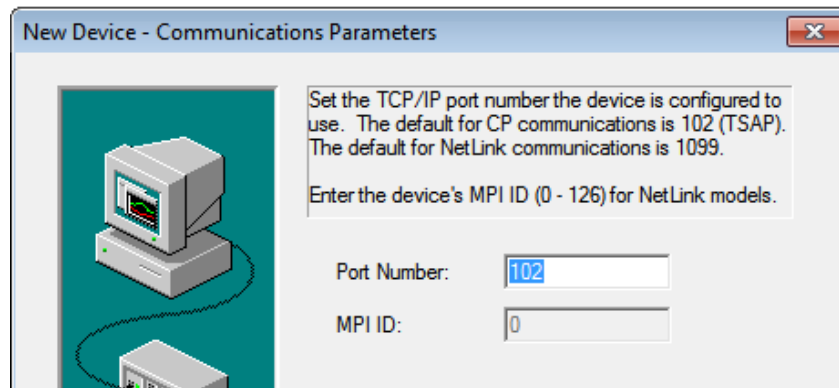


**Figura N° 3.15** Configuración de Tiempo de Espera para el dispositivo.



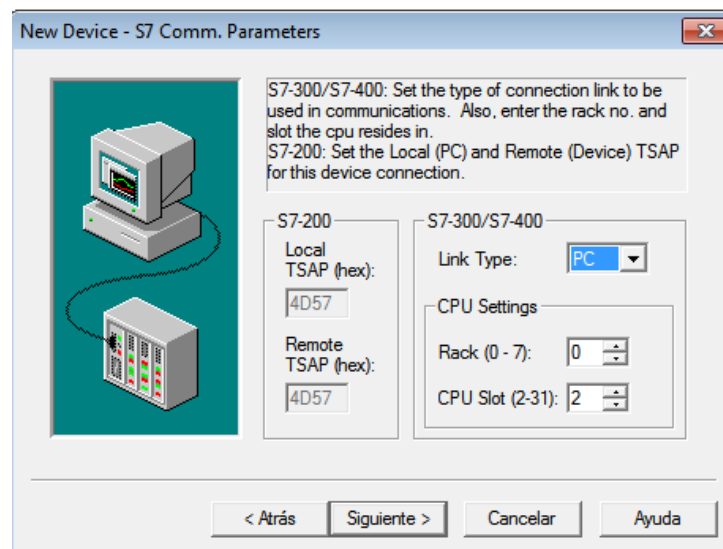
**Figura N° 3.16** Configuración para dar de baja al dispositivo después de fallas sucesivas.

- El número de puerto que se debe usar para comunicaciones con el dispositivo está definido en el protocolo ISO en TCP el cual corresponde al puerto 102, que por defecto se encuentra también configurado en los procesadores de comunicación que se utilizan.



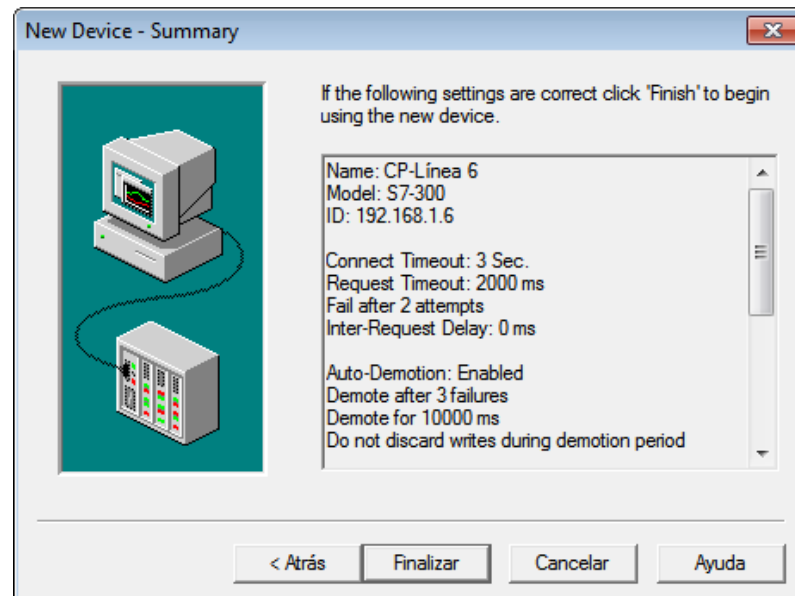
**Figura N° 3.17** Configuración del número de puerto para comunicaciones.

- Se debe seleccionar el tipo de enlace y la ubicación de la CPU en el bastidor, para que el programa maneje esta dirección al momento de adquirir los datos de las variables.



**Figura N° 3.18** Configuración de *Rack* y *Slot*.

- En la pantalla de resumen se pueden observar todos los parámetros configurados del dispositivo, de esta manera se verifican los posibles errores que se pueda tener en las configuraciones y corregirlos a tiempo.



**Figura N° 3.19** Pantalla de resumen de configuraciones del dispositivo.

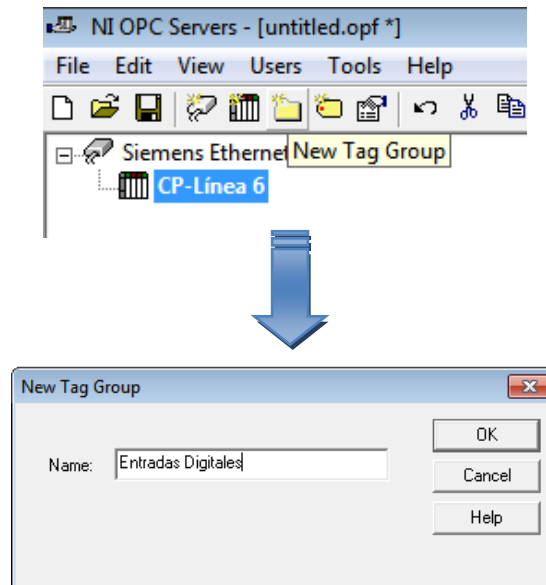
#### 3.2.2.2.3. Creación de Ítems OPC

Los Ítems OPC representan a las variables contenidas en el PLC, por lo cual dentro de la configuración de los diferentes ítems se los direccionarán a las variables del PLC tanto físicas como lógicas.

Cada grupo de ítems puede ser contenido dentro de un grupo de los mismos, esto no es más que una manera de organización de los diferentes ítems como pueden ser variables vinculadas a entradas digitales, salidas digitales, entradas de termocupla, etc., tanto los ítems como las carpetas que los contienen (Grupos) pueden ser manipulados de manera similar a cualquier tipo de archivos y carpetas; es decir pueden ser copiados, pegados, cortados, renombrados, etc.

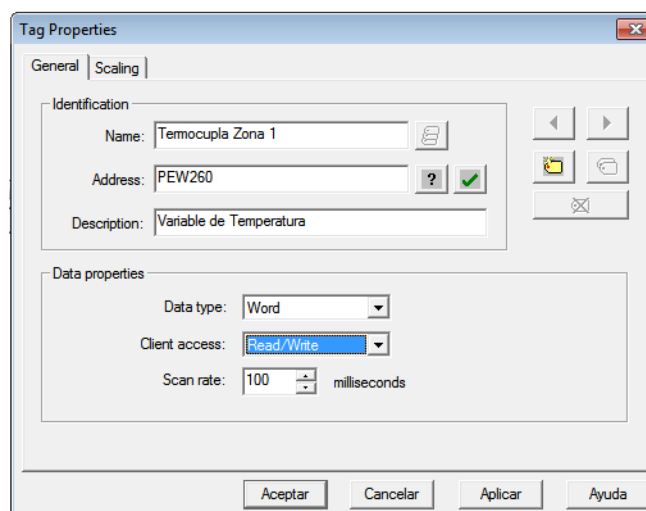
Para empezar con la creación de ítems dentro del servidor OPC se procede de la siguiente manera:

- Se debe insertar un nuevo grupo de ítems, la cual será la carpeta contenedora de todas las variables relacionadas con el grupo, mediante el botón de “*New Tag Group*”.



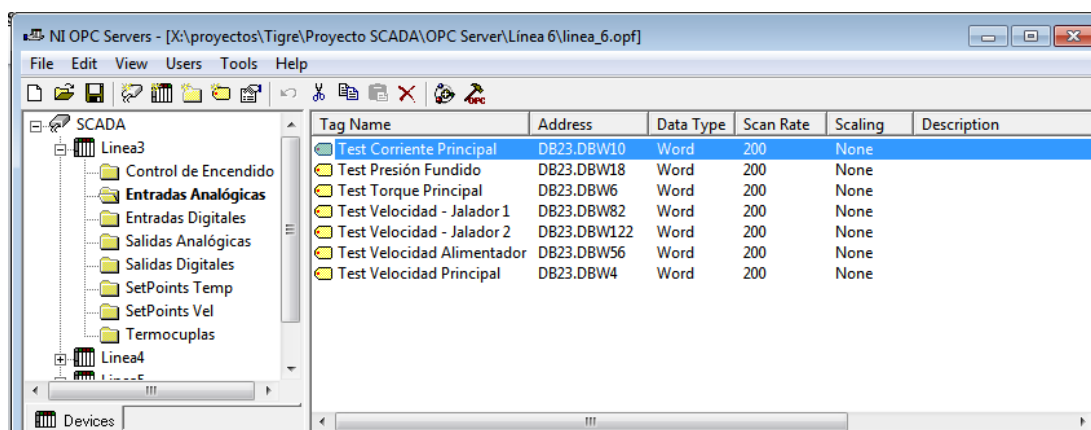
**Figura N° 3.20** Creación de un nuevo grupo de ítems.

- Los ítems corresponden a la dirección lógica asignada en las configuraciones de hardware y dentro del programa del PLC, por lo cual su vinculación debe ser exacta para evitar cualquier tipo de problemas en la adquisición de variables mediante el Servidor OPC.



**Figura N° 3.21** Creación de un nuevo ítem.

- Dentro de la configuración mostrada en la figura anterior se debe tomar en cuenta el tipo de acceso a la variable, esto se refiere a la escritura y lectura de la variable la cual puede establecerse como escritura y lectura o solo de lectura.
- Un punto crítico dentro de esta configuración es el periodo de actualización de la variable (*Scan Rate*), el cual depende directamente de la cantidad de variables que se implementen dentro del servidor OPC, para esto en cuando más se incremente el número de variables el periodo de actualización también debe incrementarse, para evitar de esta manera que varias variables traten de ser actualizadas al mismo tiempo tornando lento al servidor OPC.

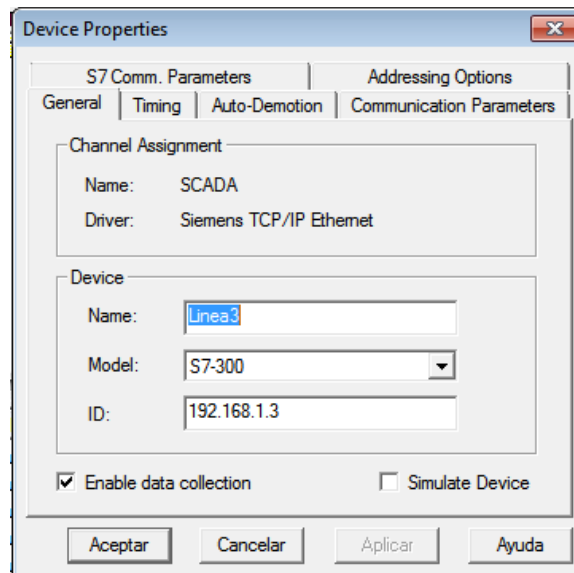


The screenshot shows the 'NI OPC Servers' configuration window. On the left, a tree view shows the project structure under 'SCADA', including 'Linea3' and 'Linea4'. 'Linea3' contains sub-items like 'Control de Encendido', 'Entradas Analógicas', 'Entradas Digitales', 'Salidas Analógicas', 'Salidas Digitales', 'SetPoints Temp', 'SetPoints Vel', and 'Termocuplas'. The main pane on the right displays a table of configured tags.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
Test Corriente Principal	DB23.DBW10	Word	200	None	
Test Presión Fundido	DB23.DBW18	Word	200	None	
Test Torque Principal	DB23.DBW6	Word	200	None	
Test Velocidad - Jalador 1	DB23.DBW82	Word	200	None	
Test Velocidad - Jalador 2	DB23.DBW122	Word	200	None	
Test Velocidad Alimentador	DB23.DBW56	Word	200	None	
Test Velocidad Principal	DB23.DBW4	Word	200	None	

**Figura N° 3.22** Servidor OPC configurado con varios dispositivos e ítems (*Tags*).

- Todas las configuraciones realizadas son accesibles y reprogramables accediendo a los diferentes objetos OPC como son los canales, los dispositivos, los grupos de *Tags* y los *Tags*.

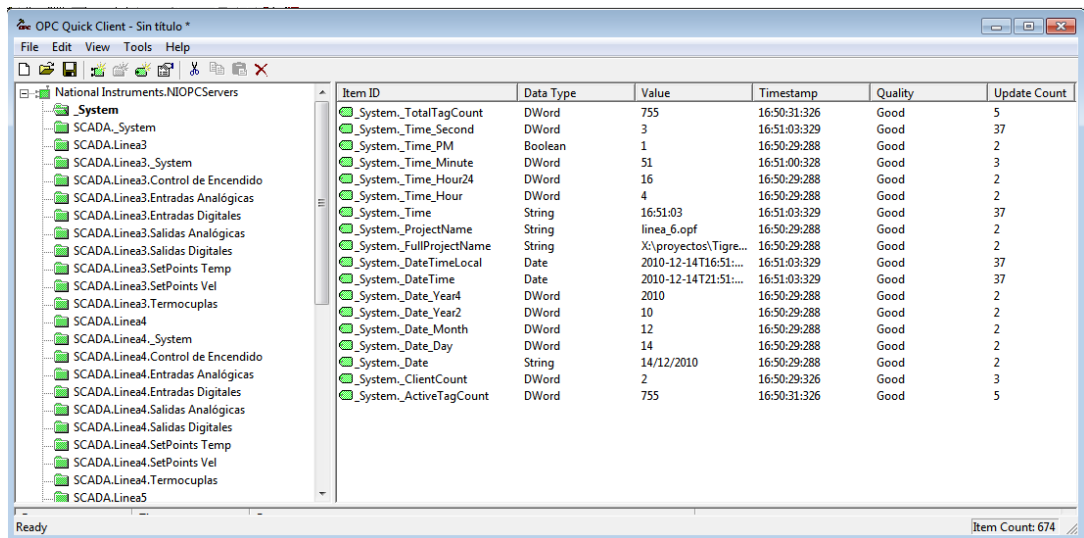


**Figura N° 3.23** Pantalla de propiedades del dispositivo.

### 3.2.3. Interfaz de Pruebas

#### 3.2.3.1. OPC Quick Client de National Instruments®

Para la verificar el correcto funcionamiento y configuraciones realizadas dentro del Servidor OPC de *National Instruments®*, se debe utilizar el propio Cliente OPC que posee el software, con el cual se puede probar la adquisición de datos desde el PLC tanto el estado de la variable como su periodo de actualización.



The screenshot shows the OPC Quick Client window. On the left is a tree view of OPC servers under 'National Instruments.NIOPCServers'. The main area displays a table of data points with the following columns: Item ID, Data Type, Value, Timestamp, Quality, and Update Count.

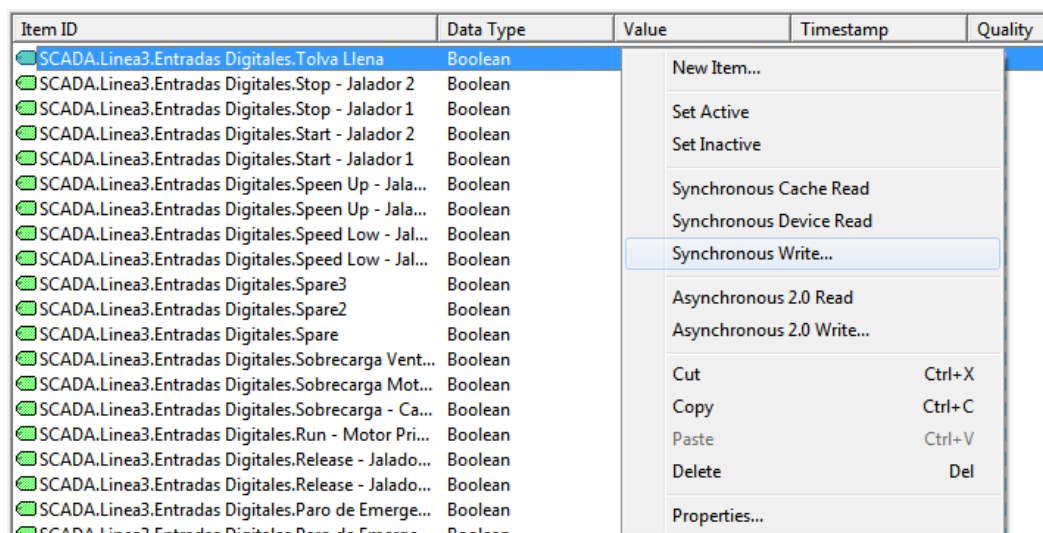
Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
System_TotalTagCount	DWord	755	16:50:31:326	Good	5
System_Time_Second	DWord	3	16:51:03:329	Good	37
System_Time_PM	Boolean	1	16:50:29:288	Good	2
System_Time_Minute	DWord	51	16:51:00:328	Good	3
System_Time_Hour24	DWord	16	16:50:29:288	Good	2
System_Time_Hour	DWord	4	16:50:29:288	Good	2
System_Time	String	16:51:03	16:51:03:329	Good	37
System_ProjectName	String	linea_6.opf	16:50:29:288	Good	2
System_FullProjectName	String	X:\proyectos\Tigre...	16:50:29:288	Good	2
System_DateTimeLocal	Date	2010-12-14T16:51:...	16:51:03:329	Good	37
System_DateTime	Date	2010-12-14T21:51:...	16:51:03:329	Good	37
System_Date_Year4	DWord	2010	16:50:29:288	Good	2
System_Date_Year2	DWord	10	16:50:29:288	Good	2
System_Date_Month	DWord	12	16:50:29:288	Good	2
System_Date_Day	DWord	14	16:50:29:288	Good	2
System_Date	String	14/12/2010	16:50:29:288	Good	2
System_ClientCount	DWord	2	16:50:29:326	Good	3
System_ActiveTagCount	DWord	755	16:50:31:326	Good	5

**Figura N° 3.24** OPC Quick Client de National Instruments ®.

Si el periodo de actualización de las variables toma mucho tiempo se debe realizar una corrección en el valor de “*Scan Rate*” de cada variable, para esto se debe incrementar dicho valor en incrementos del 25 al 50% del valor anterior. Si el tiempo de actualización de datos no es crítico como en este caso se puede limitar un valor de escaneo de 200 ms, el cual es apropiado en función del número de variables.

En el cliente se pueden también realizar las pruebas de escritura en las variables, ya que el software posee estas opciones implementadas, el tipo de escritura es indiferente en este tipo de pruebas, debido a que el tiempo de actualización no es crítico.





**Figura N° 3.25** Opciones de escritura OPC Quick Client.

### 3.2.3.2. Interfaz de pruebas en LabVIEW

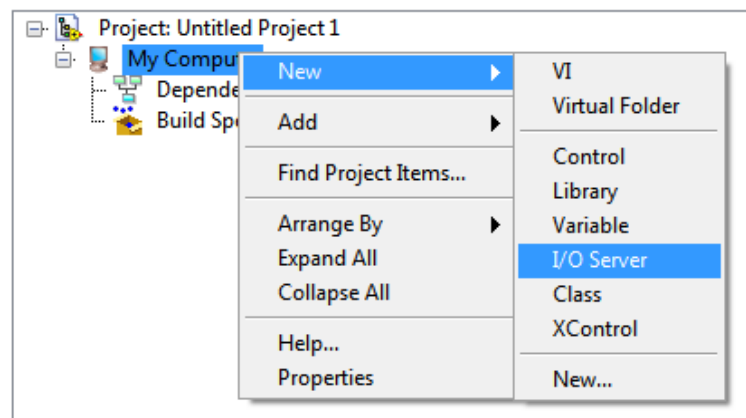
Mediante una interfaz implementada en LabVIEW se puede observar el comportamiento de las variables (*Tags*) insertados dentro del servido OPC mediante procedimientos de lectura y escritura de algunas de las variables involucradas dentro del proceso, como pueden ser variables de tipo booleana, entera o doble entera, las cuales hacen referencia a diferentes datos dentro del PLC, para lo cual se procede de la siguiente manera:

- Dentro de la pantalla de bienvenida de LabVIEW se procede a crear un nuevo proyecto sobre el cual se trabajará en la creación de la interfaz de pruebas, y configuraciones necesarias para la importación de las variables contenidas en el servidor OPC hacia el entorno de aplicación de LabVIEW.



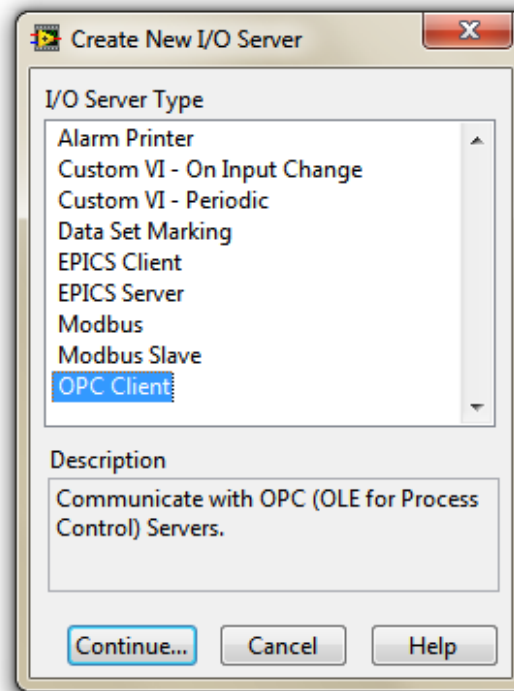
**Figura N° 3.26** Creación de un proyecto nuevo en LabVIEW™ 2010

- Una vez creado el proyecto se debe crear un nuevo servidor de entrada/salida (I/O Server), el cual manejará el intercambio de datos con el servidor OPC, para la cual se procede dando clic derecho sobre el ícono de “*My Computer*”, seleccionando “*New*” e “*I/O Server*”



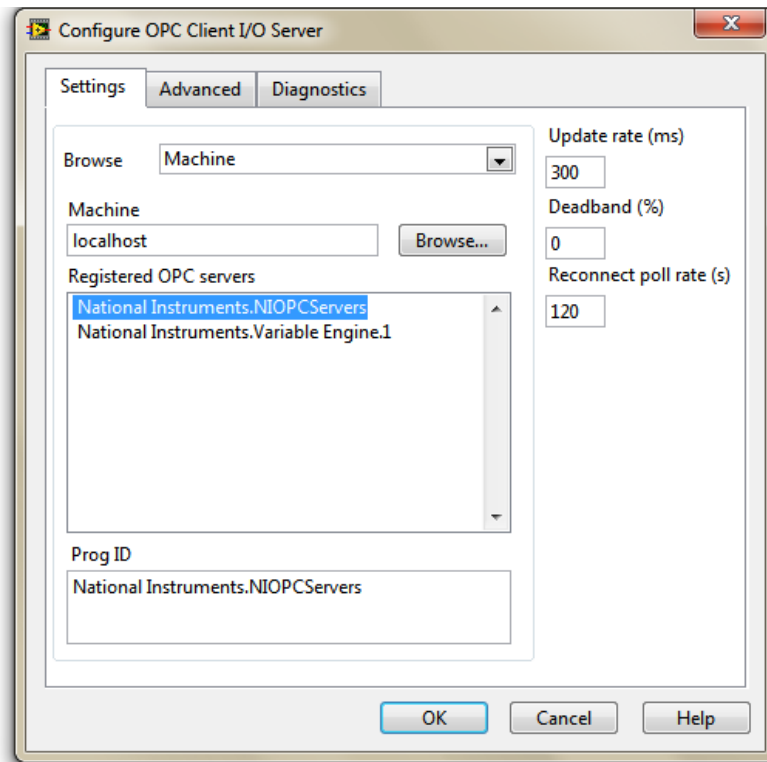
**Figura N° 3.27** Creación de un I/O Server en LabVIEW™ 2010

- La siguiente pantalla muestra diferentes tipos de Servidores I/O, en este caso se debe seleccionar el que corresponde a Cliente OPC.



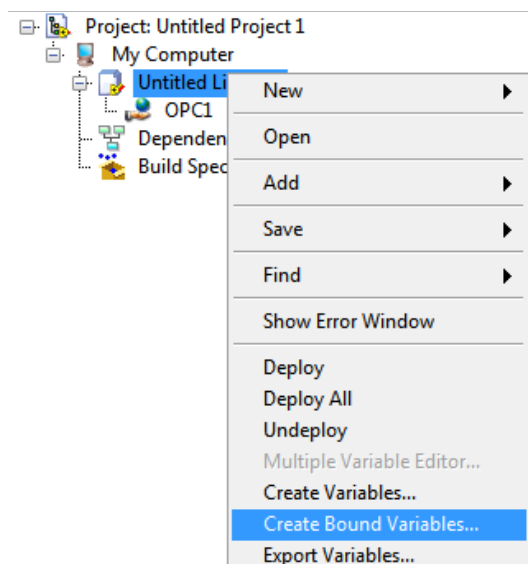
**Figura N° 3.28** Selección del tipo de I/O Server en LabVIEW™ 2010

- En la siguiente pantalla se debe configurar el servidor OPC al cual el cliente manejado por el I/O Server se va a conectar, en este caso la selección debe ser el Servidor OPC de National Instruments, el cual aparece en el listado como "National Instruments.NIOPCServers".
- Dentro de estas configuraciones también se encuentra el tiempo de actualización el cual es el intervalo de tiempo en el cual se realiza un barrido completo de las variables dentro del Servidor OPC para su actualización, además del rango de consulta para reconexión (*Reconnect poll rate*) el cual se activa al momento de perder comunicación con el servidor OPC por cualquier evento que se pueda dar y la configuración de banda muerta (*Dead band*).



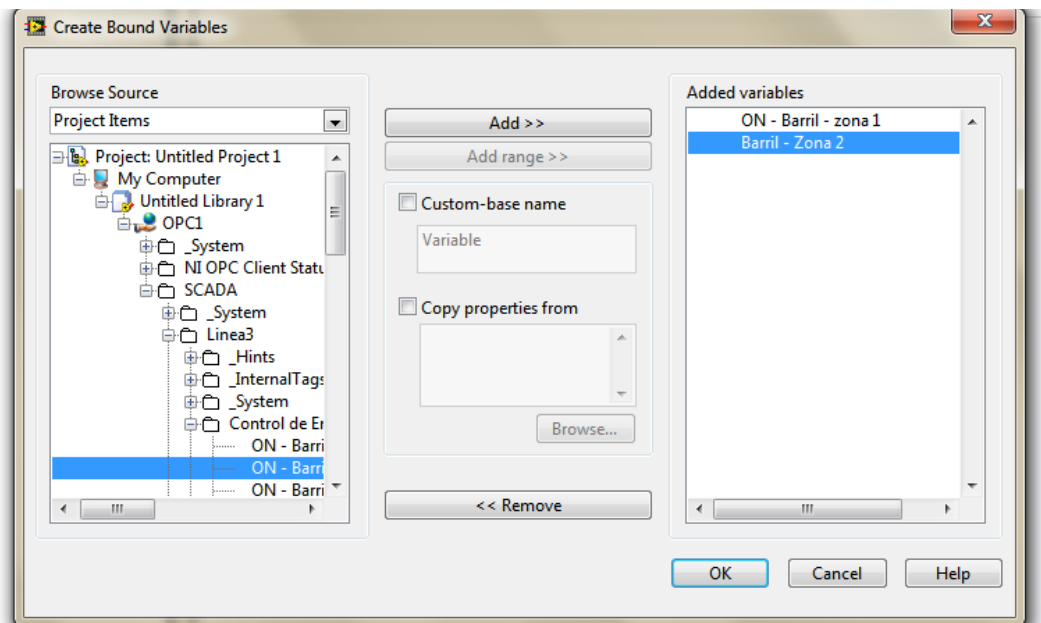
**Figura N° 3.29** Selección del Servidor OPC para el I/O Server de LabVIEW™

- Una vez configurado completamente el I/O Server se debe realizar la importación de variables, la manera más simple de realizar este procedimiento es mediante de la herramienta “*Create Bound Variables...*”.



**Figura N° 3.30** Herramienta “*Create Bound Variables...*” en LabVIEW™

- Dentro de la pantalla de creación de variables se pueden observar todas las variables que se encuentren dentro del proyecto, por lo cual se debe acceder a ellas mediante su ubicación en el proyecto; es decir mediante el I/O Server configurado, en el cual se desplegarán todas las variables configuradas en el Servidor OPC.



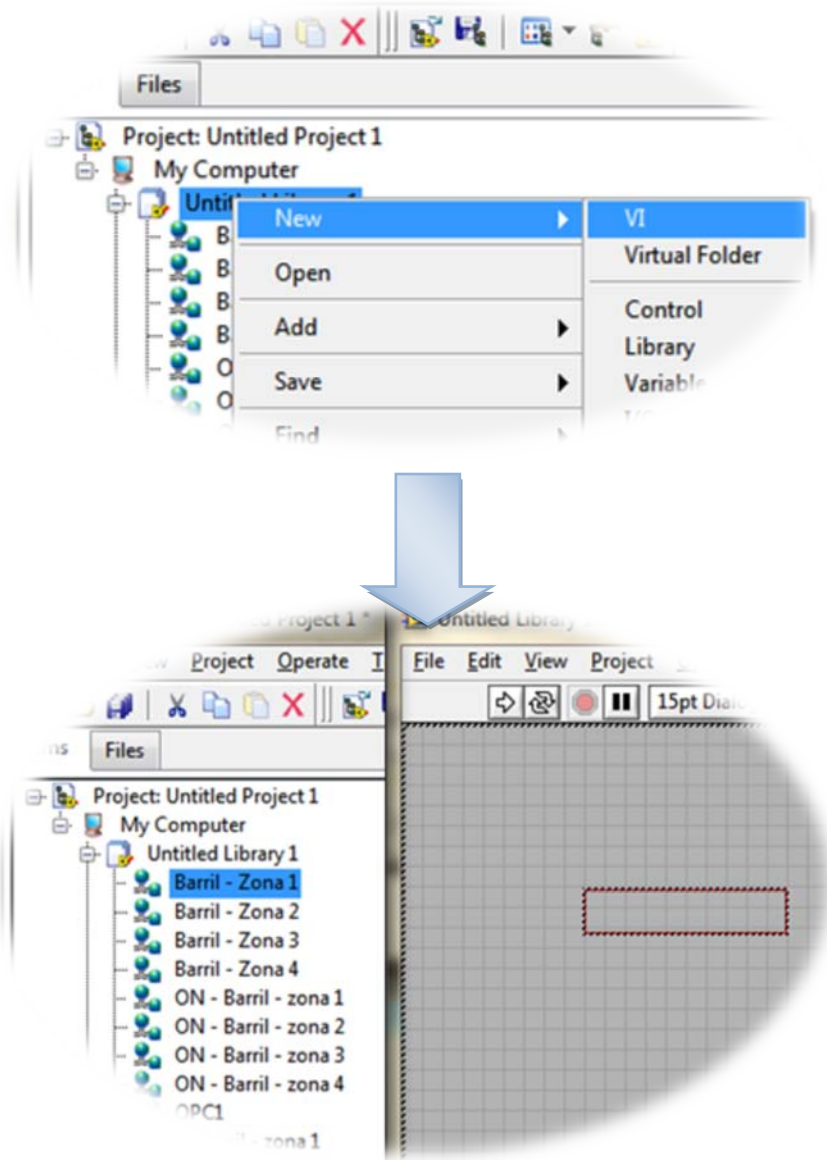
**Figura N° 3.31** Importación de variables desde el Servidor OPC

- En la siguiente pantalla se muestra el editor de variables, donde se pueden habilitar diferentes opciones para cada variable.

	Path	Name	Var Type	Data Type	Network-Published: Buffering	Network-Published: Buffer Size	Network-Published: Bind to Source
Barril - Zona 1	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 1	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Barril - Zona 2	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 2	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Barril - Zona 3	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 3	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Barril - Zona 4	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 4	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
ON - Barril - zona 1	.../My Computer/Untitled Library 1/	ON - Barril - ...	Network-Publis...	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
ON - Barril - zona 2	.../My Computer/Untitled Library 1/	ON - Barril - ...	Network-Publis...	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>

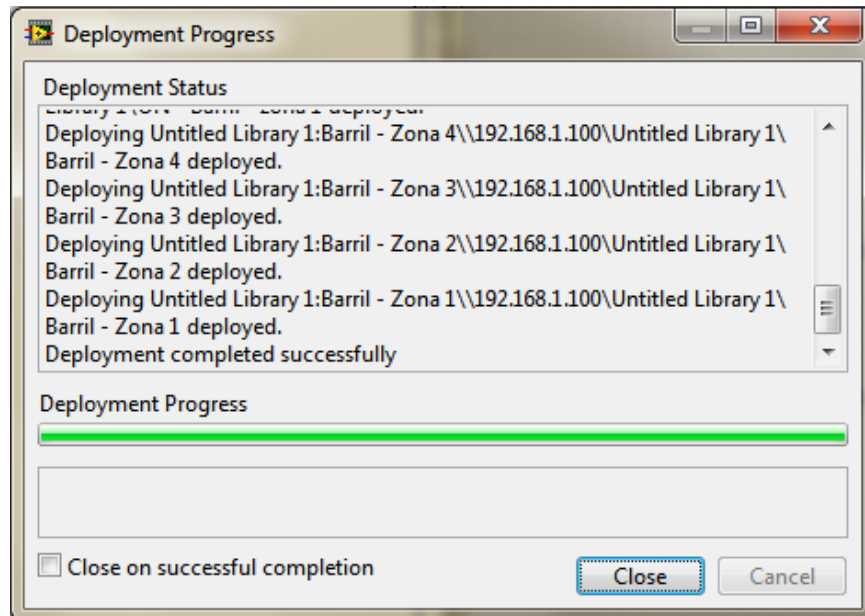
**Figura N° 3.32** Editor de múltiples variables

- Se procede a la creación del VI sobre el cual se arrastrarán todas las variables de la interfaz de pruebas creadas dentro de la librería en el explorador del proyecto hacia el panel frontal de nuevo VI.



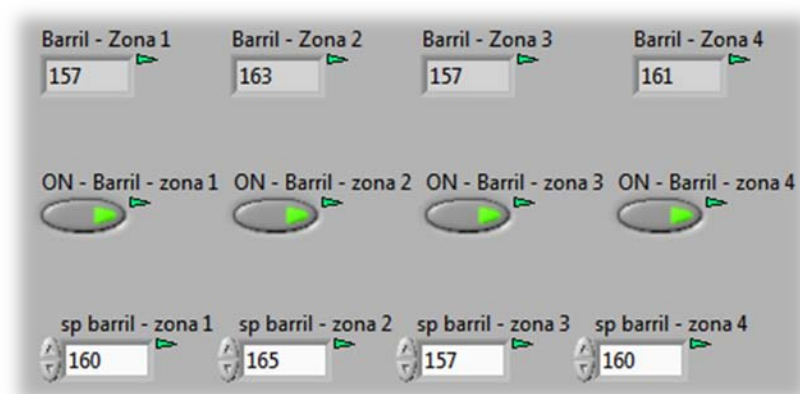
**Figura N° 3.33** Colocación de variables sobre el panel frontal de VI de pruebas.

- Al momento de compilar el archivo o ejecutar el archivo se debe tener en cuenta la dirección IP sobre la cual se realiza la publicación de las variables compartidas, para que no exista ningún error entre las mismas y el servidor OPC, el cual también posee esta configuración del adaptador de red utilizado.



**Figura N° 3.34** Colocación de variables sobre el panel frontal de VI de pruebas.

- Finalmente se obtiene la conexión entre el VI y el servidor OPC, cuando los indicadores se encuentran en color verde la conexión con la variable es correcta, los datos obtenidos deben concordar con las variables vinculadas; es decir la lectura y la escritura de las variables debe poder observarse en los paneles de operador y viceversa.



**Figura N° 3.35** Interfaz de pruebas en ejecución.

### 3.3. Desarrollo de la Interfaz HMI en LabVIEW

#### 3.3.1. Creación de Librerías y Variables

Para realizar este procedimiento se debe seguir el procedimiento descrito en el ítem “3.2.3.2. Interfaz de pruebas en LabVIEW”, con pequeños cambios en cuanto a las librerías, ya que para poder obtener un proyecto organizado y de fácil comprensión las librerías se crean independientemente para cada línea de producción, dentro de las mismas se encuentran sub – librerías para separar los diferentes tipos de variables de cada al igual que VI, del mismo para las pantallas principales y de control de acceso.

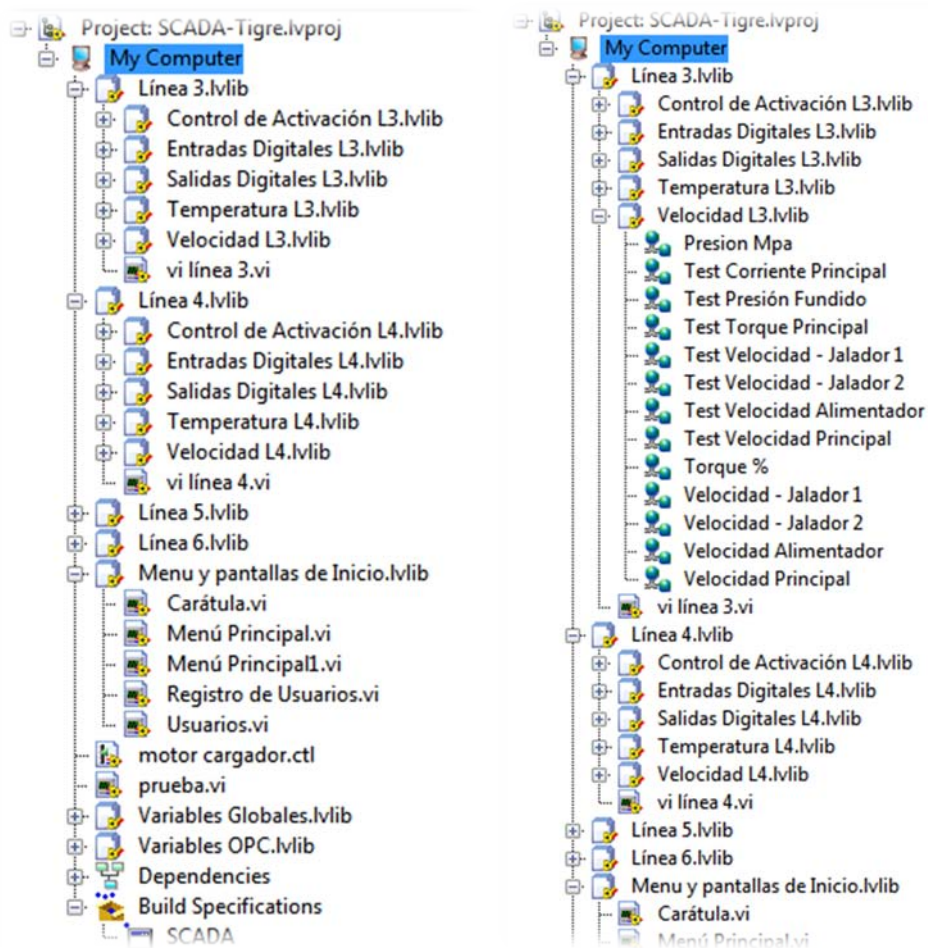


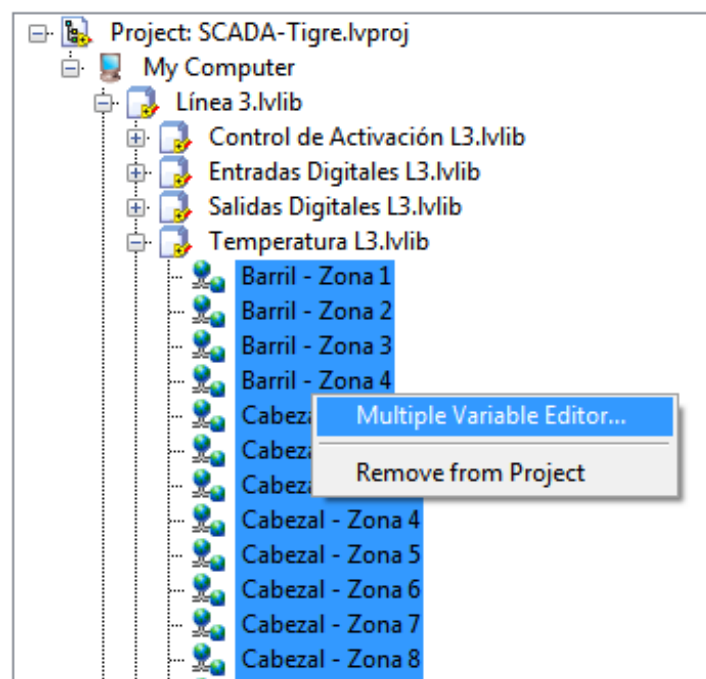
Figura N° 3.36 Organización de librerías y VIs dentro del proyecto.



### 3.3.2. Configuraciones Especiales de Variables

En ciertas variables de proceso se requiere la habilitación de valor de escalamiento y estados de alarma, para lo cual debemos ingresar en el “editor de múltiples variables”, dentro del cual se configuran todos los aspectos referentes a las variables compartidas.

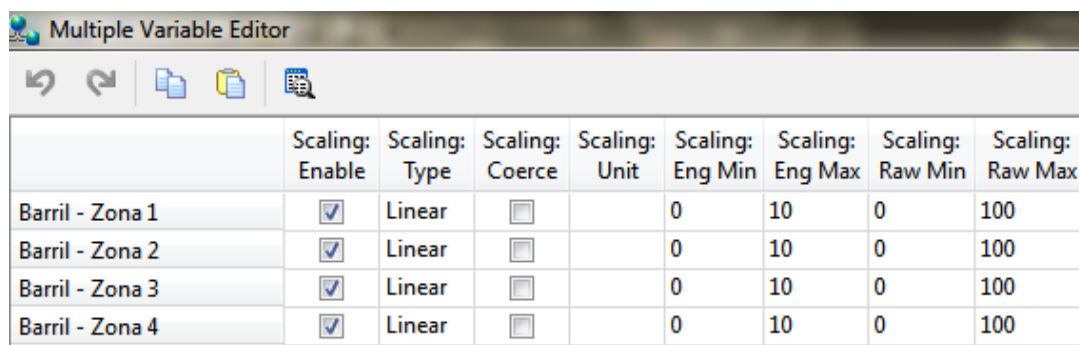
El editor de variables se lo puede abrir como se muestra en la siguiente figura:



**Figura N° 3.37** Acceso al editor de múltiples variables.

#### 3.3.2.1. Función de escalamiento

Las variables de temperatura requieren un escalamiento en su variable de proceso, debido a que en el programa del PLC las manipulan como enteros para facilitar las operaciones, siendo el resultado final un valor de temperatura entero en el cual se debe considerar que su último dígito es el decimal del número, por lo tanto para poder observar claramente el valor de temperatura se escala la variable en LabVIEW™ dentro de su escala de ingeniería a un valor de 100/10 para que el valor de variable sea dividido entre 10.

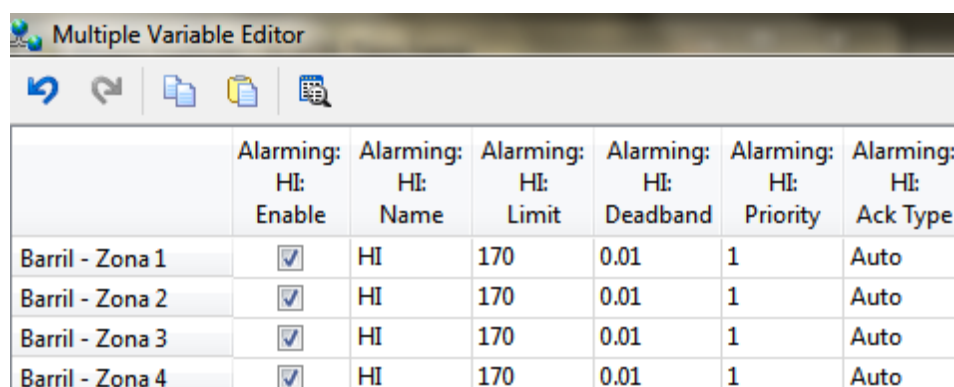


	Scaling: Enable	Scaling: Type	Scaling: Coerce	Scaling: Unit	Scaling: Eng Min	Scaling: Eng Max	Scaling: Raw Min	Scaling: Raw Max
Barril - Zona 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear	<input type="checkbox"/>		0	10	0	100
Barril - Zona 2	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear	<input type="checkbox"/>		0	10	0	100
Barril - Zona 3	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear	<input type="checkbox"/>		0	10	0	100
Barril - Zona 4	<input checked="" type="checkbox"/>	Linear	<input type="checkbox"/>		0	10	0	100

**Figura N° 3.38** Escalamiento de las variables de proceso de temperatura.

### 3.3.2.2. Habilitación de alarmas

Para habilitar y configurar los valores de alarmas en las variables necesarias, se debe utilizar el editor de múltiples variables, en el cual se colocarán todos los valores y datos que se requieran.



	Alarming: HI: Enable	Alarming: HI: Name	Alarming: HI: Limit	Alarming: HI: Deadband	Alarming: HI: Priority	Alarming: HI: Ack Type
Barril - Zona 1	<input checked="" type="checkbox"/>	HI	170	0.01	1	Auto
Barril - Zona 2	<input checked="" type="checkbox"/>	HI	170	0.01	1	Auto
Barril - Zona 3	<input checked="" type="checkbox"/>	HI	170	0.01	1	Auto
Barril - Zona 4	<input checked="" type="checkbox"/>	HI	170	0.01	1	Auto

**Figura N° 3.39** Escalamiento de las variables de proceso de temperatura.

### 3.3.3. Creación de Pantallas

Para la explicación de la interfaz desarrollada en LabVIEW™, se detalla a continuación cada uno de los paneles frontales con su respectivo diagrama de bloques, explicando en cada uno de ellos, las funciones que cumplen cada uno de los elementos utilizados.

A continuación se describen cada una de las pantallas en el orden en que se despliegan.

### 3.3.3.1. Carátula

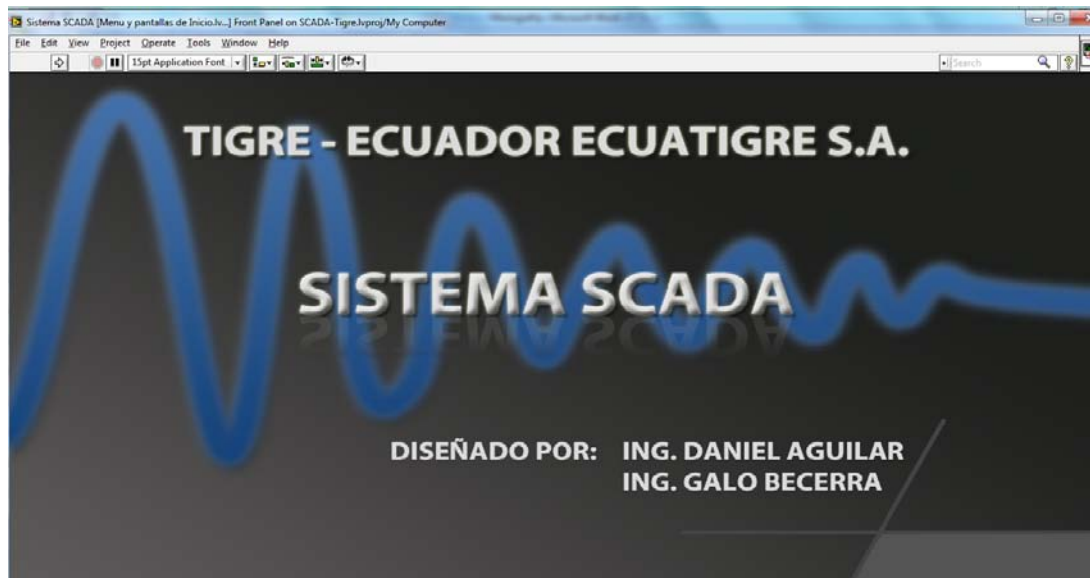


Figura N° 3.40 Panel frontal de “carátula”.

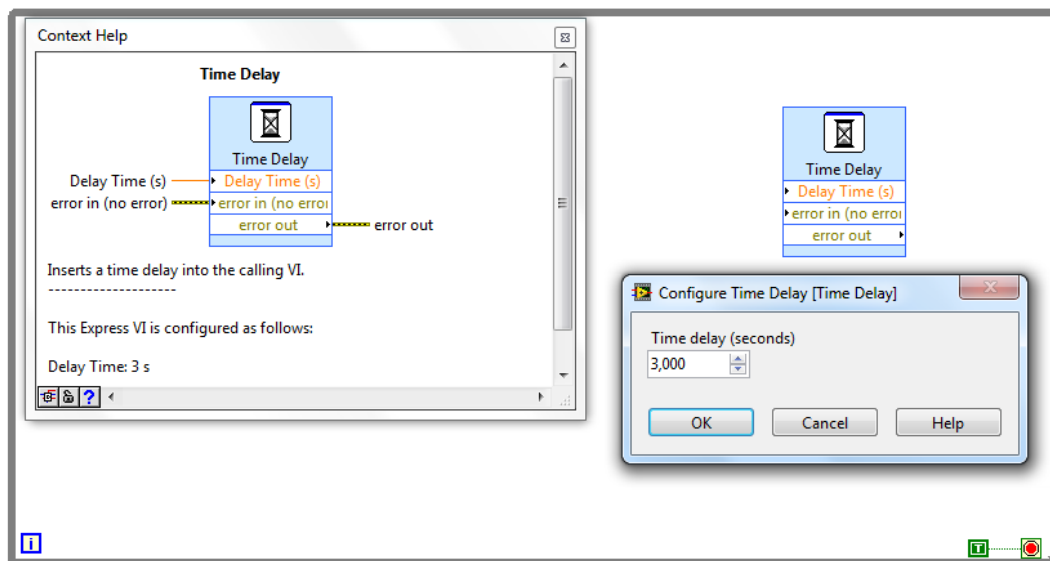


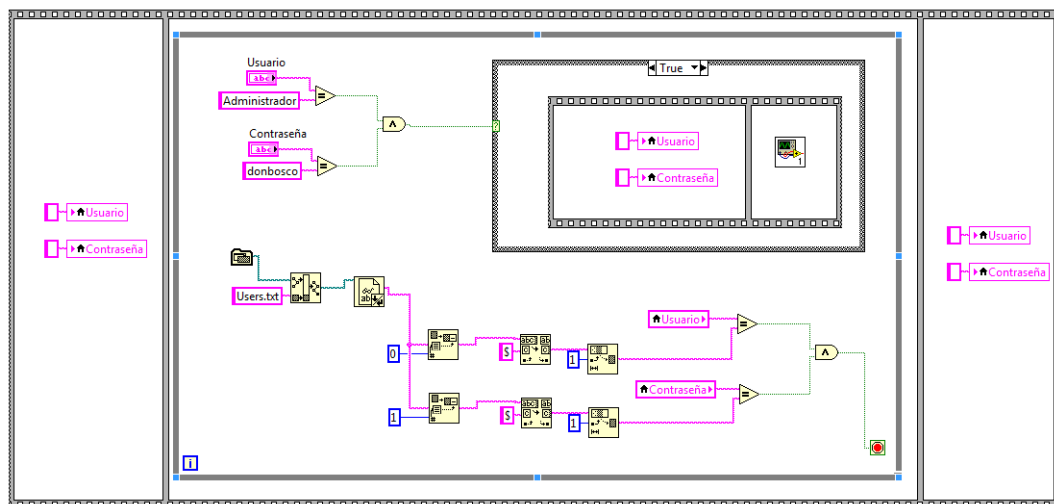
Figura N° 3.41 Diagrama de bloques de “carátula”.

La función de esta pantalla es permanecer visual sólo por un tiempo determinado, para lo cual se utiliza una estructura “while”, dentro de la cual se coloca el elemento “time delay”, cuyo tiempo se puede configurar dándole doble clic.

### 3.3.3.2. Usuarios

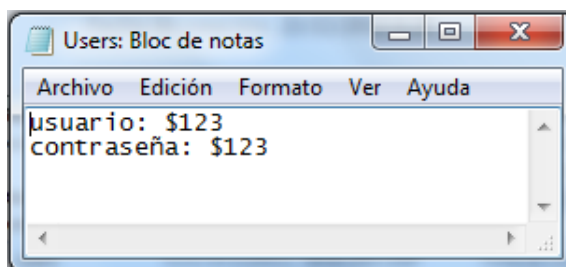


**Figura N° 3.42** Panel frontal de “usuarios”.



**Figura N° 3.43** Diagrama de bloques de “usuarios”.

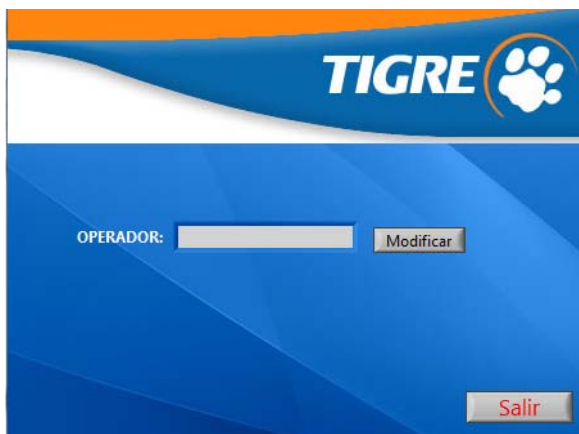
La función de esta pantalla es administrar el control de ingreso de los usuarios del sistema, para lo cual debemos leer los datos desde un archivo de texto, que para el caso se ha nombrado como “*Users*”, el mismo que consta de dos líneas de texto (*string*) que contienen los datos de usuario y contraseña, éste archivo de texto se ubica en la carpeta donde se encuentra el archivo ejecutable del proyecto.



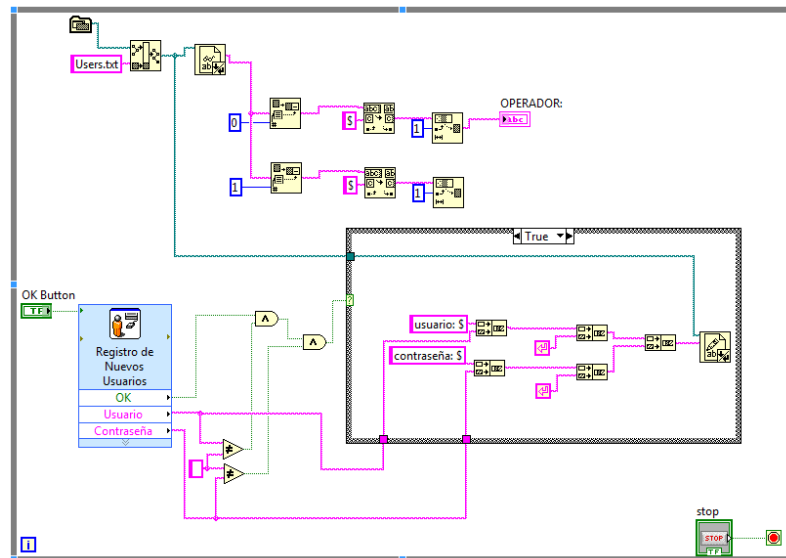
**Figura N° 3.42** Ubicación del archivo de texto “Users”.

En primera instancia, se borran las variables de *string* tanto de usuario y contraseña, para asegurarse de que se encuentren vacíos, luego se lee el archivo de texto desde dirección específica dónde se encuentra y se compara con los datos ingresados para cada uno, si los datos tanto de usuario como de contraseña coinciden con los datos registrados en el archivo de texto, se despliega la pantalla “menú principal”, caso contrario, será necesario ingresar los datos “Administrador” y “donbosco” para usuario y contraseña respectivamente para acceder a la pantalla de “Administrador”.

#### **3.3.3.3. Administrador**



**Figura N° 3.43** Panel frontal de “Administrador”.

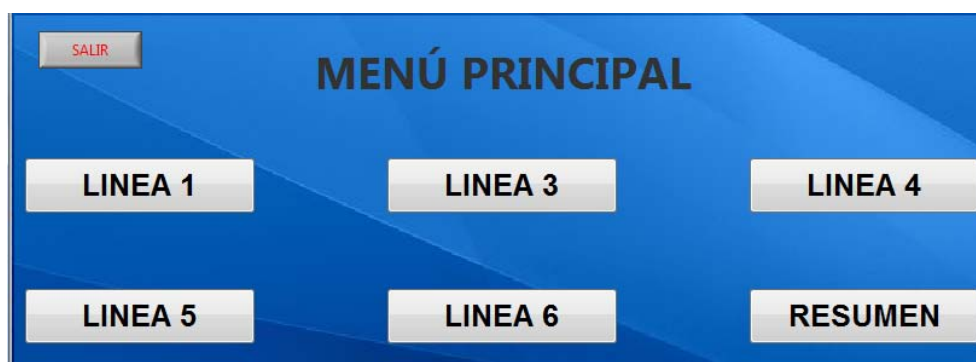


**Figura N° 3.44** Diagrama de bloques de “Administrador”.

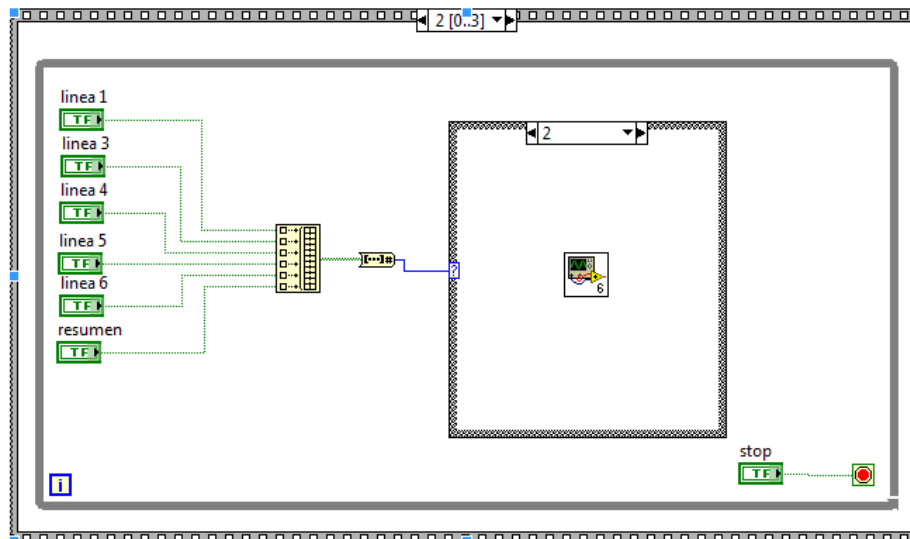
La función de esta pantalla es asignar un nombre de usuario y contraseña válidos para poder ingresar al sistema.

Lo que se hace es escribir en el documento de texto “Users” nuevos datos de usuario y contraseña, que serán validados al presionar el botón modificar. Al presionar el botón salir, se retorna a la pantalla de “usuarios”.

#### 3.3.3.4. Menú Principal del sistema



**Figura N° 3.45** Panel frontal de “Menú Principal”.



Esta pantalla gestiona la ejecución del sistema global, consta de un “*case structure*” que primero muestra la carátula, muestra la pantalla de usuarios, luego muestra la pantalla de menú principal, ejecuta todas las tareas dentro de éste y finalmente cierra el programa.

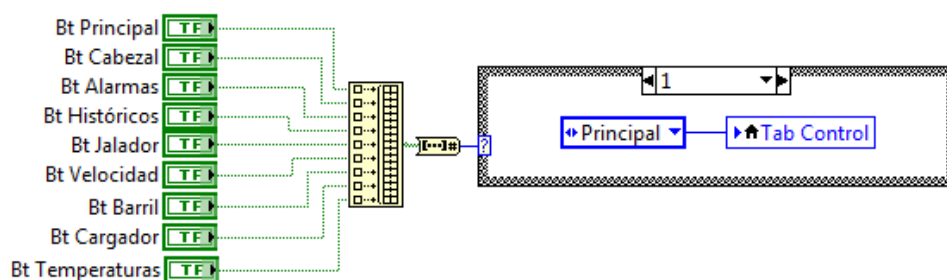
En el tercer caso consta de un “*build array*” que a su vez controla otro “*case structure*” mediante el cual se accede a las pantallas de una línea específica.

### 3.3.3.5. Línea de producción

#### 3.3.3.5.1. Menú principal de línea



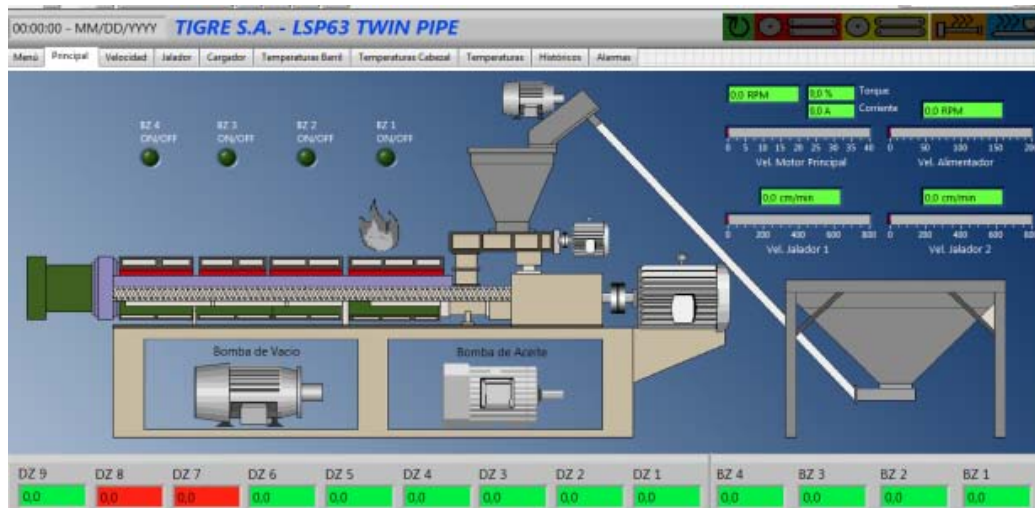
**Figura N° 3.47** Panel frontal de “Menú Principal de línea”.



**Figura N° 3.48** Diagrama de bloques de “Menú Principal”.

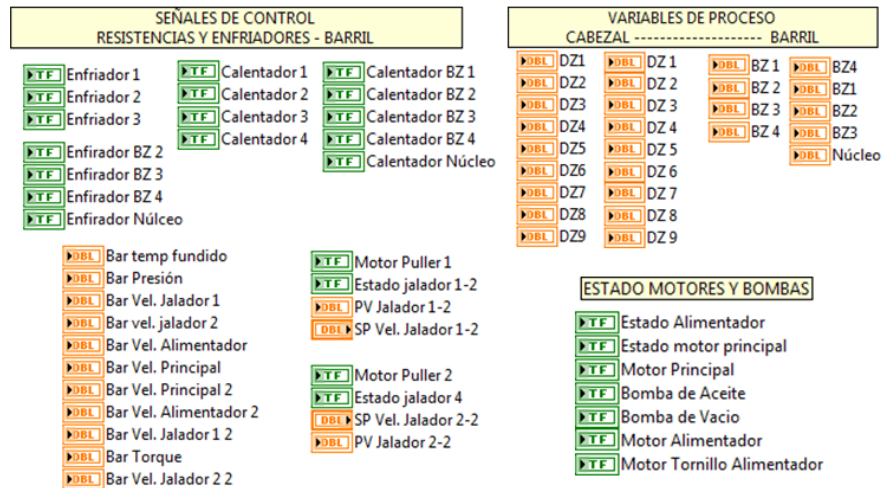
El acceso a las sub pantallas se puede realizar de dos maneras, por medio de las pestañas del “*tab control*” o por medio de un “*build array*” que habilita un “*case structure*” que a su vez tiene asignadas las pestañas del “*tab control*”. El despliegue de las otras variables en la pantalla, se realiza de la manera mostrada en la figura N°3.50.

### 3.3.3.5.2. *Principal*



**Figura N° 3.49** Panel frontal de “Principal”.



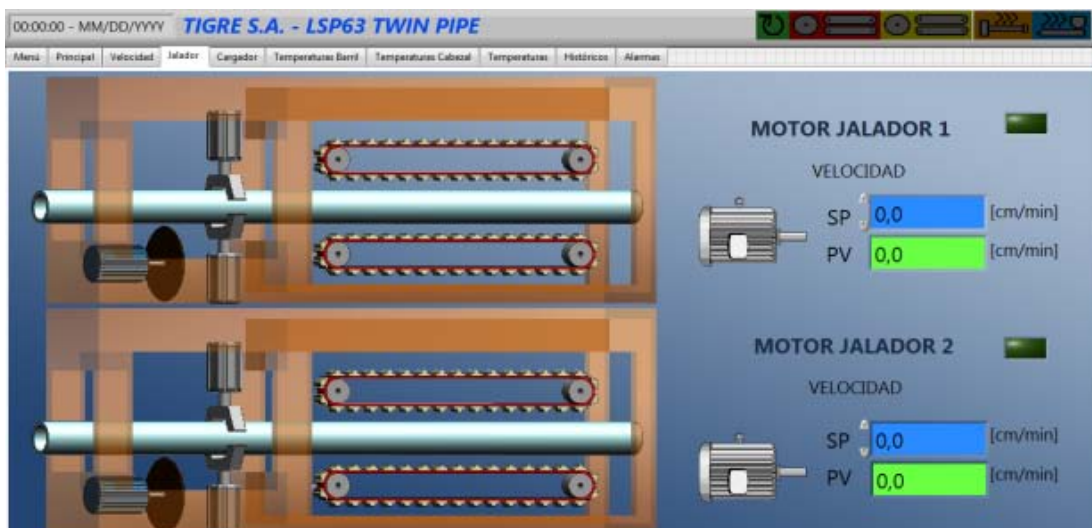


**Figura N° 3.50** Diagrama de bloques de “Principal”.

Esta pantalla no posee funciones especiales, por lo que la programación en el diagrama de bloques se realiza simplemente desplegando las variables relacionadas dentro del lazo “while” principal.

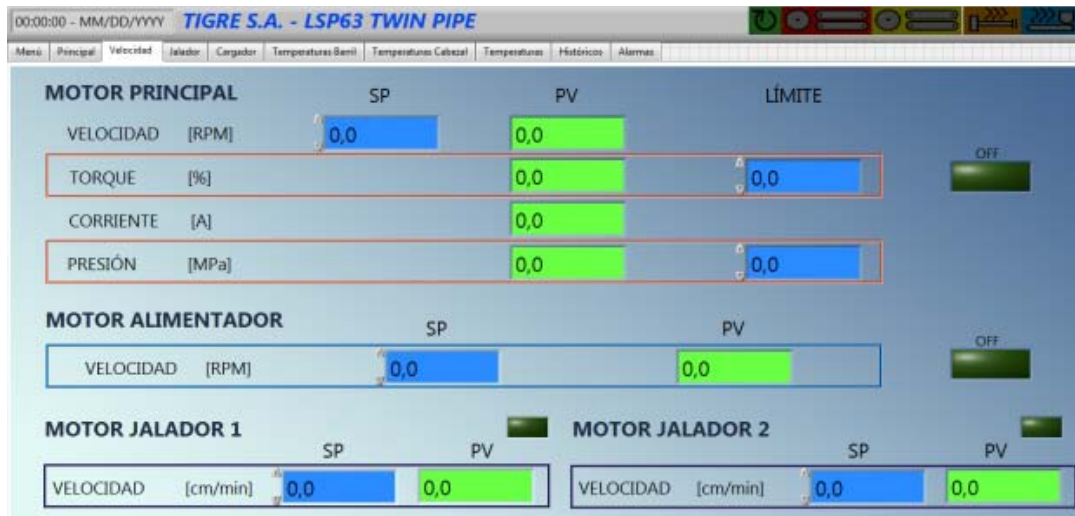
Las variables de temperatura mostradas en la parte inferior de la pantalla, tienen una programación específica mostrada en la figura N° 3.58

### 3.3.3.5.3. Jalador



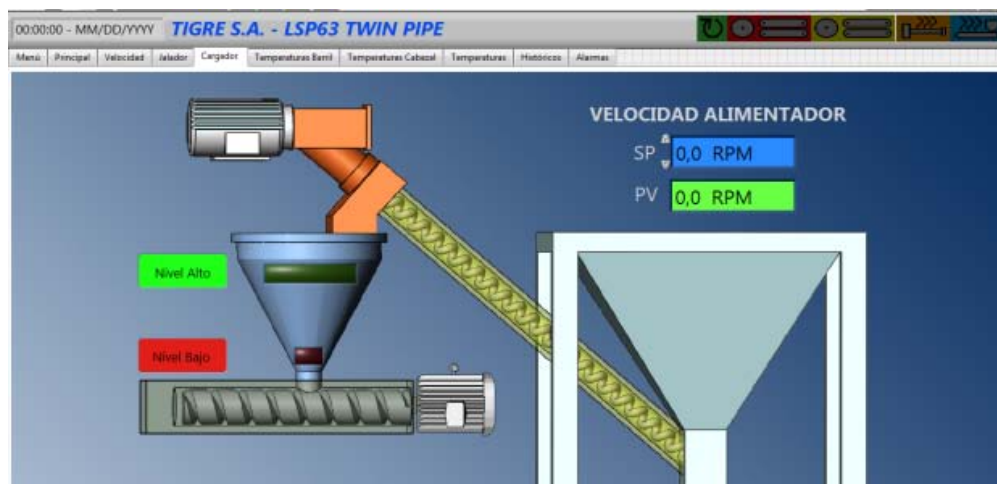
**Figura N° 3.51** Panel frontal de “Jalador”.

#### 3.3.3.5.4. Resumen de Velocidades



**Figura N° 3.52** Panel frontal de “Velocidad”

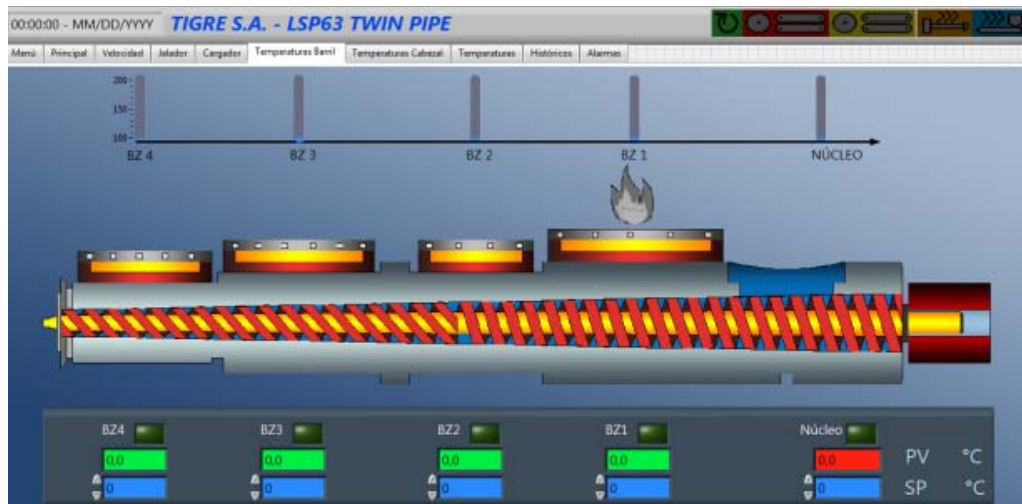
#### 3.3.3.5.5. Cargador



**Figura N° 3.53** Panel frontal de “Cargador”.

Las pantallas de “jalador”, “resumen de velocidades” y “cargador”, no poseen programación especial, por lo que lo que se realiza es el mismo procedimiento mostrado en la figura N° 3.50.

### 3.3.3.5.6. Zonas de calentamiento

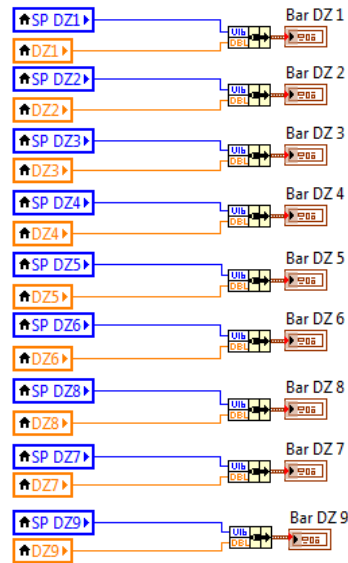


**Figura N° 3.54** Panel frontal de “Temperatura Barril”.



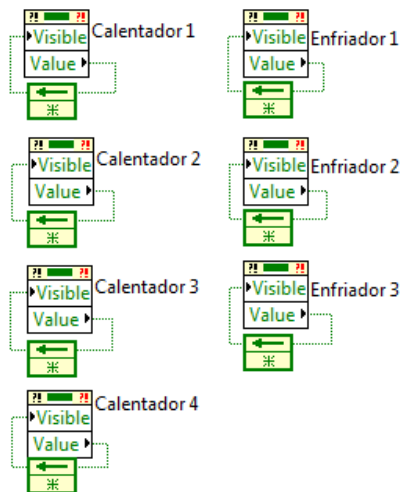
**Figura N° 3.55** Panel frontal de “Temperatura Cabezal”.

Las pantallas de zonas de calentamiento, tanto para el barril como para el cabezal, tienen tres partes de programación especial, las siguientes figuras muestran la programación del diagrama de bloques para cada caso.



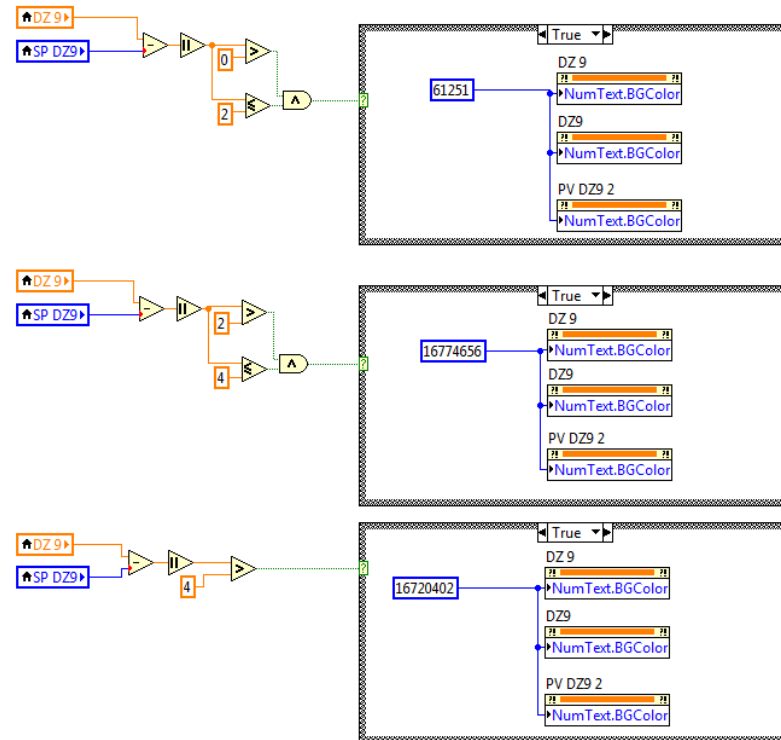
**Figura N° 3.56** Diagrama de bloques para la “Slide bar”.

La figura anterior muestra la programación realizada para desplegar tanto el set point como la variable de proceso en una misma “slide bar” para poder observar gráficamente la desviación existente entre los dos valores.



**Figura N° 3.57** Diagrama de bloques para la “Visibilidad de llamas y ventiladores”.

La figura anterior muestra la programación para la visibilidad de las llamas y los ventiladores en cada una de las zonas del barril de una línea, esto sirve para visualizar cuándo una zona se encuentra calentando y cuándo se encuentra enfriando.



**Figura N° 3.58** Diagrama de bloques para la “Set de color de *back ground*”.

La figura anterior muestra la programación del diagrama de bloques para el set de color del “*back ground*” de la variable de proceso de temperatura, seteando tres colores diferentes según la desviación de la variable de temperatura respecto de la variable de set point; así, un color cuando dicha diferencia es menor a 2, otro color cuando la diferencia es entre 2 y 4; y un tercer color cuando la diferencia es mayor a 4.

Este proceso es de gran importancia, ya que es necesario visualizar cuando la temperatura se sale del rango permisible para un óptimo funcionamiento de la máquina.

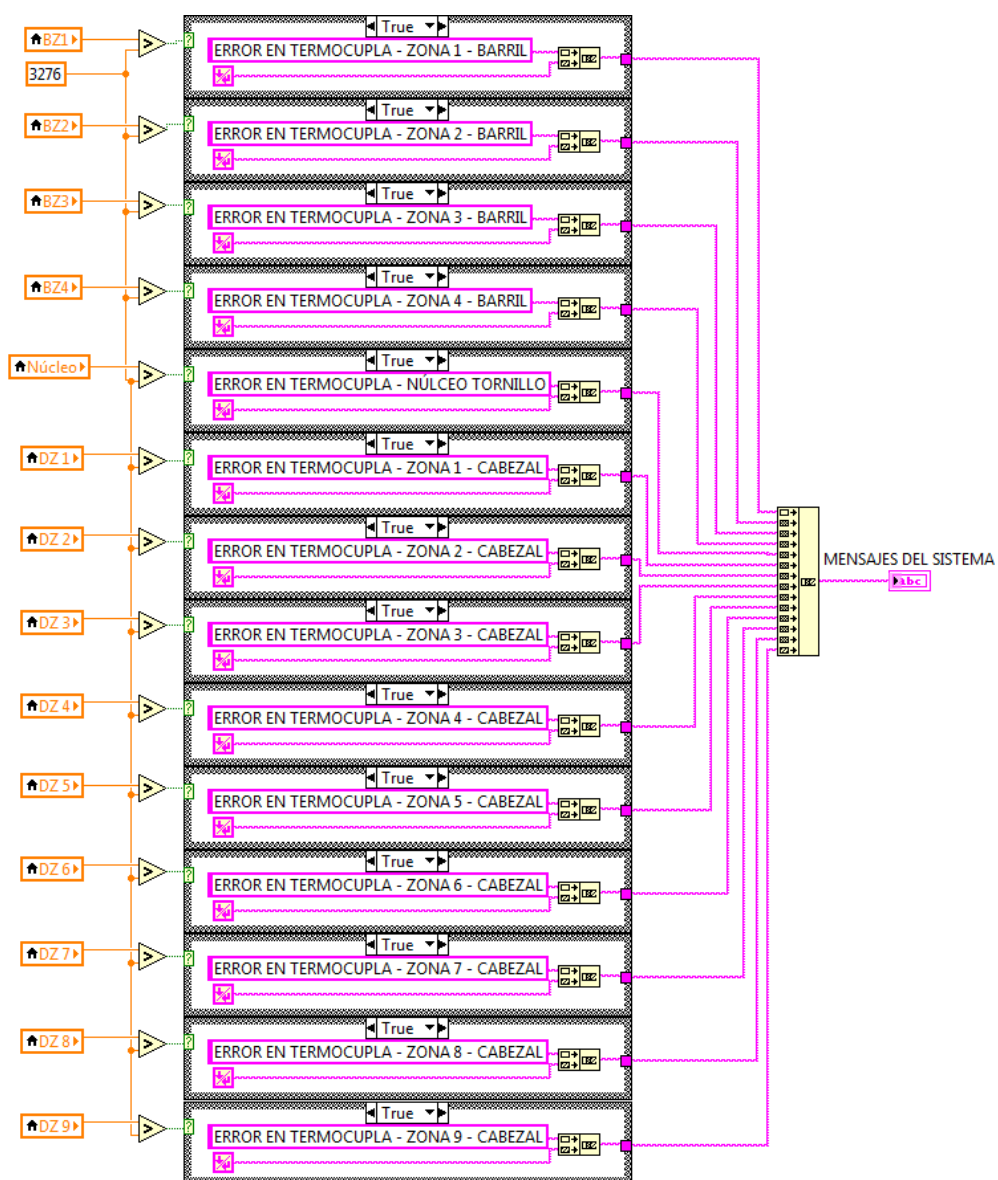
### 3.3.3.5.7. Temperaturas



**Figura N° 3.59** Panel frontal de “Temperaturas”.

El panel frontal de la pantalla de temperaturas, tiene un pequeño cuadro de texto en la parte inferior derecha cuya función es mostrar cuando ocurre un error en la conexión la o las de las termocuplas de alguna de las zonas de calentamiento.

Esta sección de la programación, se realiza basada en el número registrado en la entrada analógica cuando dicha entrada se encuentra abierta.



**Figura N° 3.60** Diagrama de bloques para desplegar mensajes “error en termocupla”.

La programación del diagrama de bloques de esta parte, consiste la comparación de la variable de proceso de temperatura con el valor de desconexión de la entrada analógica del PLC, si se da la condición de la comparación, un mensaje (*string*) es transferido hacia un “*build array*” que a su vez transmite este mensaje hacia el cuadro de texto para poder ser visualizado en el panel frontal. Se debe tomar en cuenta concatenar un salto luego de cada *string*, para que cada mensaje salga en una fila diferente.

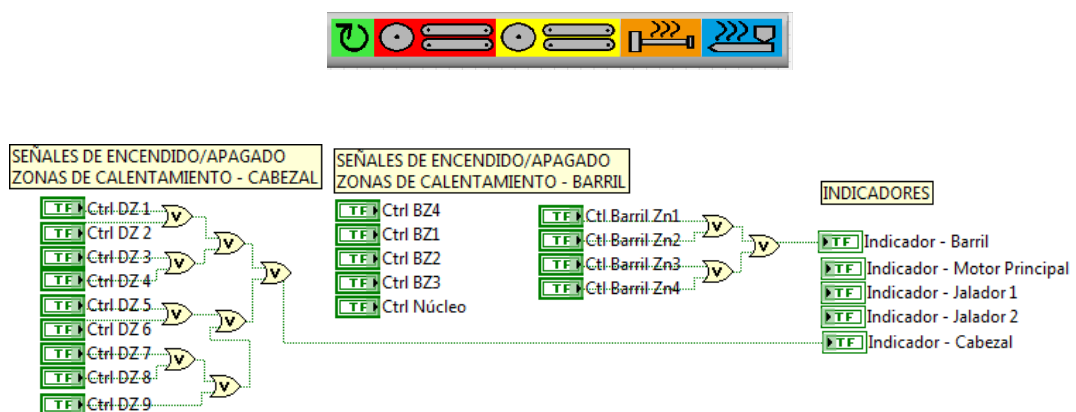


### 3.3.3.5.8. *Indicador de fecha y hora.*



**Figura N° 3.61** Panel frontal y diagrama de bloques de “indicador de hora y fecha”.

### 3.3.3.5.9. *Indicadores de estado de los equipos.*



**Figura N° 3.62** Panel frontal y diagrama de bloques de “indicadores de estado de los equipos”.

La única consideración a tomar en cuenta el momento de programar este diagrama de bloques es que algunos de los indicadores se activan con una sola marca, pero otros (zonas de calentamiento) se pueden activar con muchas marcas, por lo que es necesario hacer un arreglo lógico para obtener un bit que habilitará el cambio de estado del indicador.



### 3.3.3.5.10. Gráficos de tendencia.

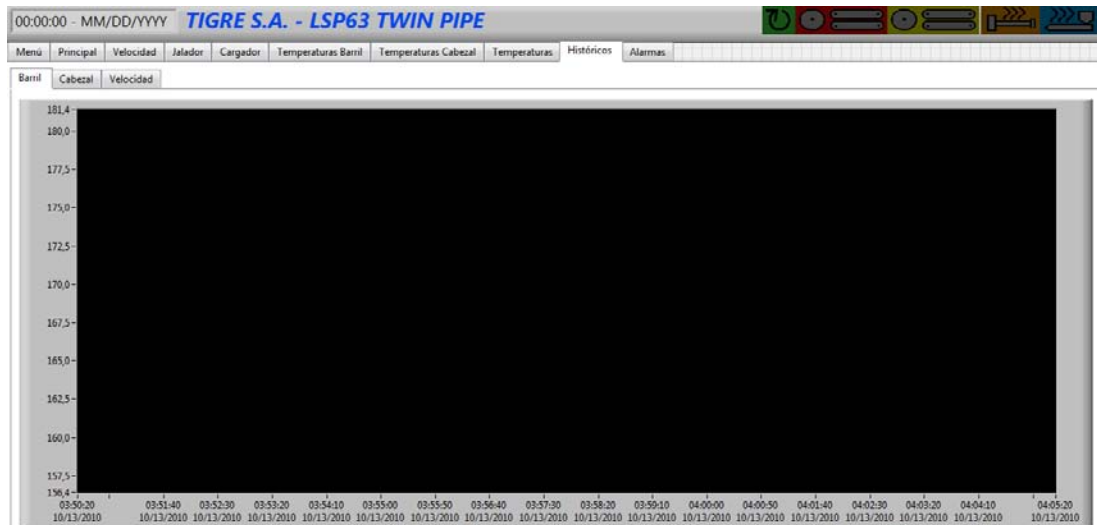


Figura N° 3.63 Panel frontal de “gráficos de tendencia”

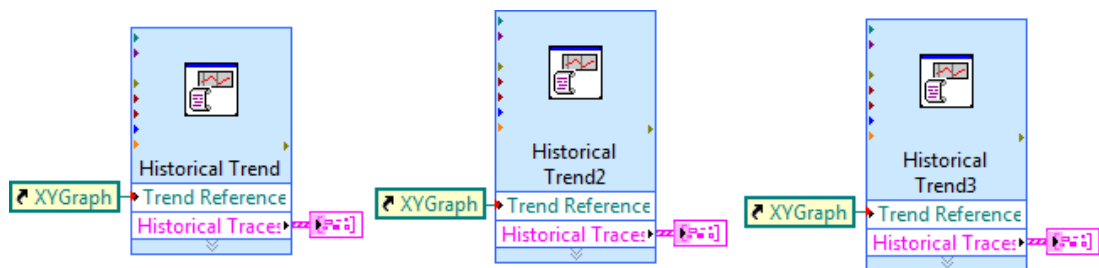
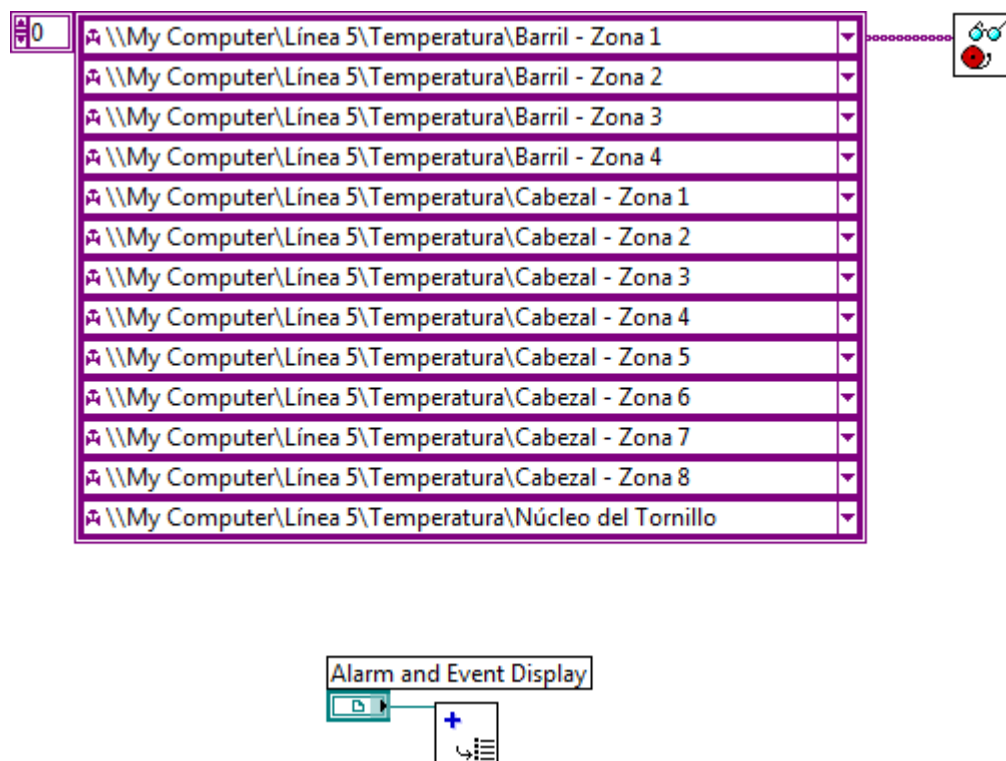


Figura N° 3.64 Diagrama de bloques de “gráficos de tendencia”

La programación del diagrama de bloques para el despliegue de los gráficos de tendencia de las variables en función del tiempo se hace mediante la programación del elemento “*historical trend*”, el mismo que se configura de la manera que se muestra en la siguiente figura:





**Figura N° 3.67** Diagrama de bloques de “alarmas”.

El diagrama de bloques de alarmas se programa a partir del elemento “*read alarms*”, donde se añaden todas las variables, cuyas alarmas se desean desplegar, esto se realiza conjuntamente con el elemento “*alarm and event display*” que se coloca en el panel frontal así, al registrarse alguna alarma en función de la configuración previamente realizada en el subcapítulo “3.3.2 configuraciones especiales de variables”

### 3.4. Puesta en Marcha del Sistema

Una vez realizada toda la estructuración de la red, la verificación del correcto funcionamiento de todos los equipos y una vez verificado el funcionamiento de la interfaz y el programa de aplicación realizada en LabVIEW, se puede poner en marcha el sistema.

La puesta en marcha del sistema consiste en ejecutar la aplicación desarrollada en LabVIEW y contrastar las señales de control directamente en las máquinas, tanto para accionamientos, como para valores de temperatura y velocidades de los motores.

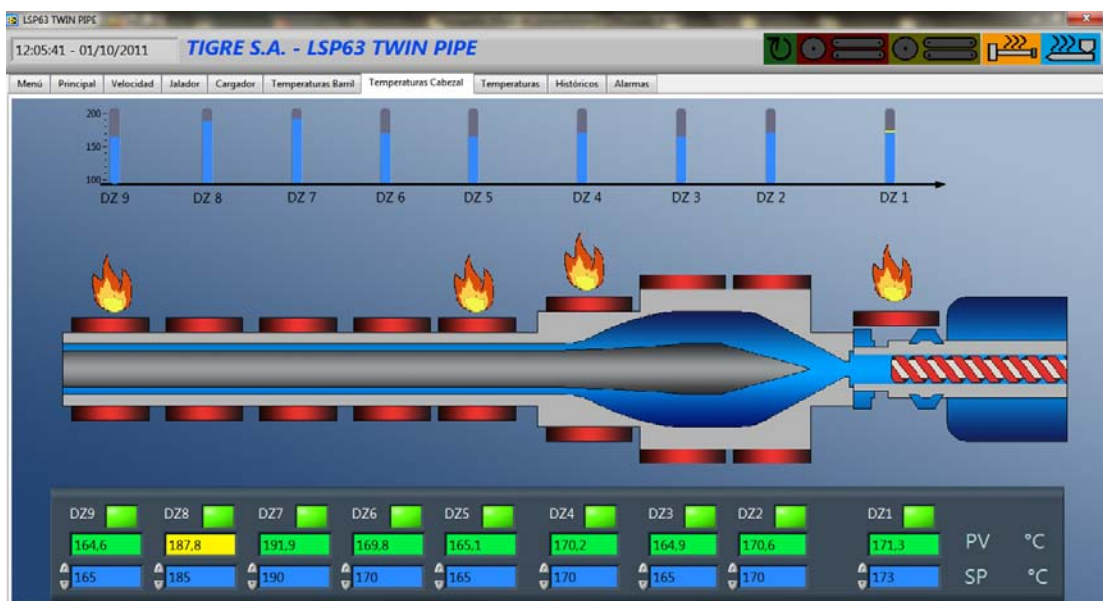
Adicionalmente, se verifica la obtención de señales de alarma como son la desconexión de las termocuplas de cada una de las zonas de calentamiento de los componentes de todas las líneas pertenecientes al sistema.



**Figura N° 3.68** Sistema SCADA Tigre S.A. pantalla Principal – Línea 3.

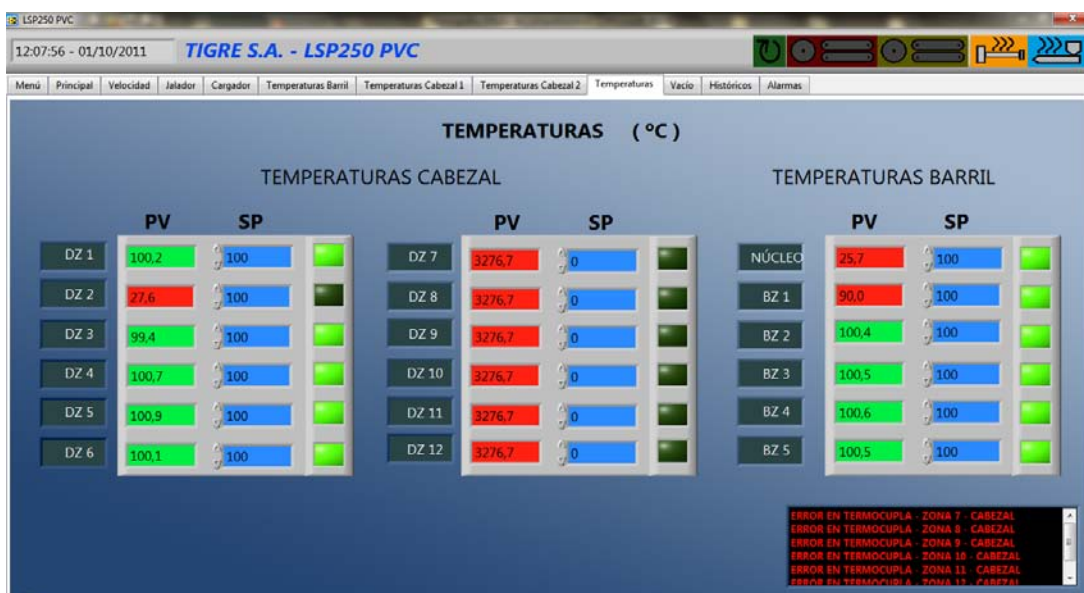
Se debe accionar los paros de emergencia existentes en cada uno de los equipos que conforman las líneas de producción y monitorear dichas señales como señales de emergencia. Una vez verificadas todas las señales de emergencia, se procede a verificar la obtención de los valores de las variables de trabajo normal de la máquina.

Para comprobar el correcto funcionamiento global del sistema, se realizan ingresos locales y remotos de las diferentes variables que intervienen en el proceso. De esta manera, si el ingreso se realiza de manera local (en cada máquina), se debe verificar la actualización del valor ingresado, en la unidad terminal maestra (computador de monitoreo); mientras que si el ingreso se realiza de manera remota (desde la unidad terminal maestra), la verificación de la actualización de la variable se debe realizar en el panel de operador de cada máquina.



**Figura N° 3.69** Sistema SCADA Tigre S.A. pantalla Cabezal – Línea 5.

Una vez verificada la actualización de valores desde y hacia el proceso y considerando que dicha actualización se debe efectuar en un tiempo adecuado, que no resulte crítico para efecto de este proceso en particular, se procede a la configuración de parámetros de la máquina en función del producto que se va a fabricar, es así que se ingresan valores de set tanto para temperaturas y velocidades de los motores y se activan los accionamientos digitales de las zonas de calentamiento para empezar el proceso previo a la producción, durante este proceso se puede observar como varían las señales hasta alcanzar los valores de set point.



**Figura N° 3.70** Sistema SCADA Tigre S.A. pantalla Temperaturas – Línea 4.

## **CAPITULO IV**

### **MANUAL DE OPERACION**

#### **4.1. ENTORNO DE APLICACIÓN LabVIEW™**

La aplicación realizada para la ejecución y control del sistema implementado, constituye una interfaz desarrollada en LabVIEW™. En primera instancia muestra pantallas desarrolladas para restringir el acceso de personas no autorizadas con el fin de asegurar una adecuada administración del sistema.

Una vez dentro del sistema se muestran pantallas que contienen mímicos de cada una de las partes constitutivas para cada línea de producción de tubería que son las siguientes:

- PRINCIPAL
- VELOCIDAD
- JALADOR
- CARGADOR
- TEMPERATURA BARRIL
- TEMPERATURA CABEZAL
- TEMPERATURAS
- VACIO

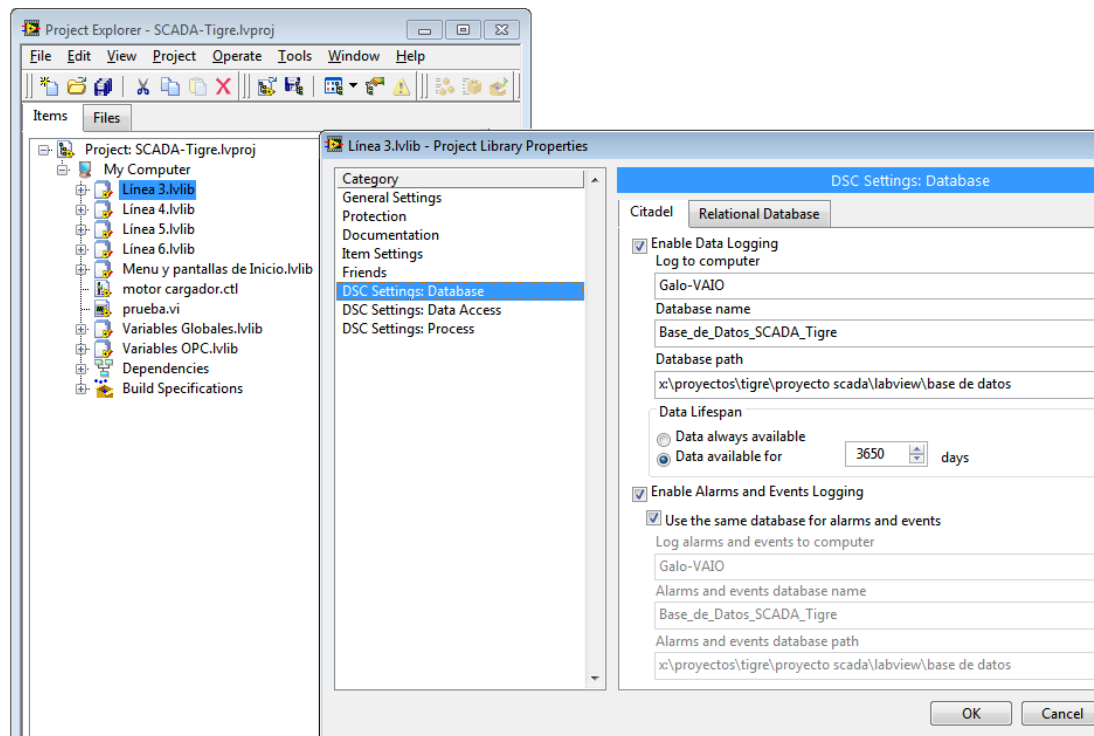
Dentro de estas pantallas se incluyen dispositivos de control como son interruptores y cuadros de set de variables analógicas y elementos de monitoreo como indicadores y cuadros indicadores numéricos, adicionalmente el sistema consta de una pantalla que muestra las curvas de tendencia de las variables principales “históricos” y otra pantalla que muestra las señales de alarma generadas según los condicionamientos propios del sistema.

#### 4.1.1. Base de datos Citadel

Para el registro histórico en una hoja electrónica de los datos adquiridos del proceso, es necesario que dicha información se encuentre soportada en una base de datos.

En primera instancia lo que se requiere es la creación de una nueva base de datos en la que se quiere guardar ciertas variables. La base de datos que dispone LabVIEW es la base datos Citadel 5.

Para que una variable específica sea importada hacia la base de datos, simplemente se debe habilitar esta opción, como se muestra en la siguiente figura:



**Figura N° 4.1** Habilitación del registro de las variables dentro de la base de datos.

La base de datos históricos Citadel de National Instruments es una base de datos utilizada por algunos productos de LabVIEW como el módulo DSC (*Data logging and Supervisory Control*, Registro de datos y control supervisorio). Esta base de datos guarda eficientemente datos que las aplicaciones adquieren y procesan. Por

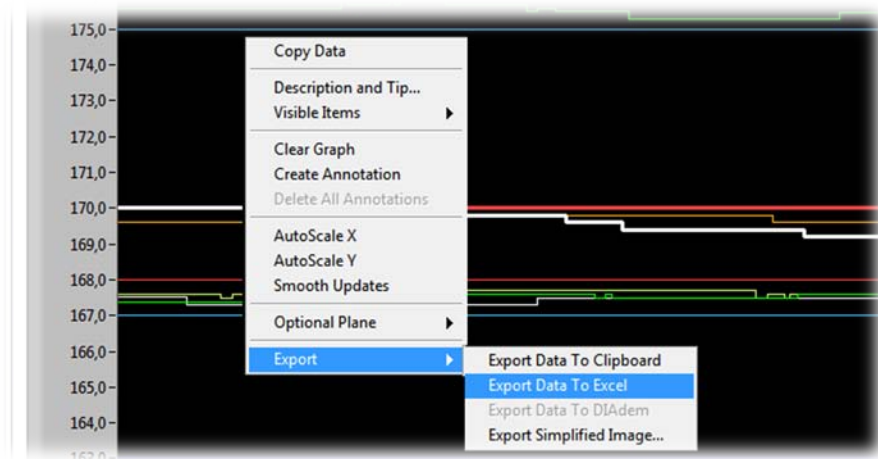


ejemplo el módulo DSC, usa la base de datos Citadel para guardar datos de variables compartidas.

Los datos procesados son contenidos en la memoria, pero LabVIEW no crea un archivo para contener los datos, sino que al correr la aplicación, se gestiona el almacenamiento de los datos dentro de la base de datos Citadel, de esta manera, no se pueden guardar los datos cuando la aplicación está parada.

La base de datos Citadel corre en Windows® como un servicio. No existe tamaño límite para los datos históricos dentro de una base de datos Citadel.

Para la exportación de los datos generados en la curva de tendencia histórica a una hoja de cálculo, se debe seleccionar el rango de datos y luego seleccionar la opción de “exportar” como lo muestra la siguiente figura:



**Figura N° 4.2** Exportación de datos a Excel.

## 4.2. CONTROL DE INGRESO

El sistema está diseñado para restringir el control de ingreso, para lo cual consta de dos niveles de usuario, el primero que es el nivel de usuario propiamente dicho que consta de una pantalla de ingreso de “usuario” y “contraseña” para cada usuario del sistema.



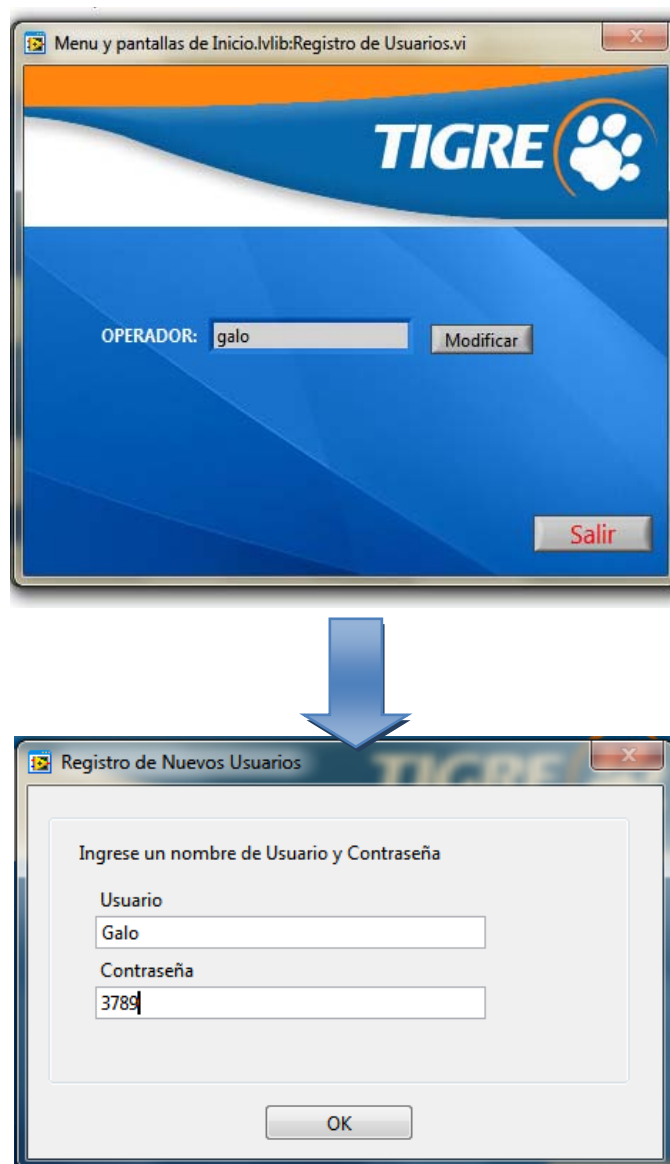
**Figura N° 4.3** Ingreso de usuario y contraseña.

### 4.2.1. Indicadores

1. Cuadro de texto “Usuario” En este cuadro de texto se ingresa el nombre de usuario asignado por el administrador del sistema.
2. Cuadro de texto “Contraseña” En este cuadro de texto se ingresa la contraseña del usuario que puede constar de caracteres alfa numéricos o símbolos sin un límite específico.

Y el segundo que es el nivel de administrador, que sirve para habilitar las cuentas de usuario y contraseña válidas para cada usuario del sistema.

El administrador tiene una clave maestra para el ingreso al sistema y sirve para validar o cancelar cualquier cuenta de usuario.



**Figura N° 4.4** Nivel de administrador de usuarios.

El ingreso y configuración de nombres de usuario y contraseña se puede observar de una manera más detallada en el anexo “*MANUAL DE OPERACION*”.

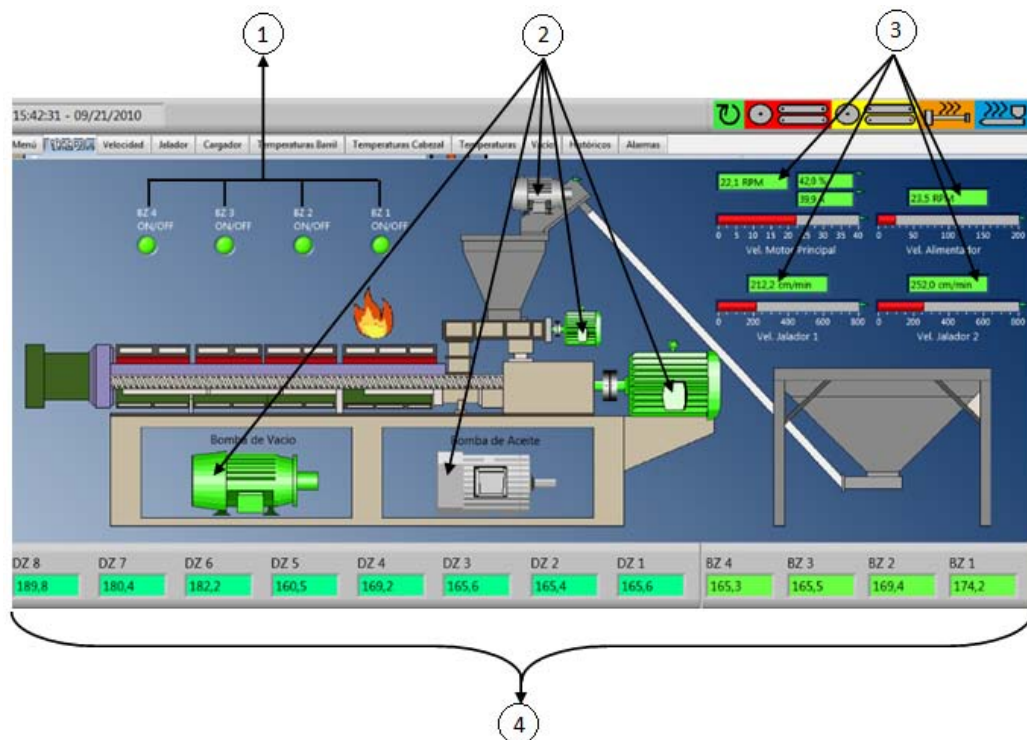
### **4.3. ESTABLECIMIENTO DE VARIABLES**

Para el establecimiento de variables dentro de las diferentes pantallas que conforman el sistema de control y monitoreo, se seleccionan los parámetros más relevantes dentro del proceso de producción, es decir las variables que directamente intervienen en el proceso y cuyo control es de vital importancia para el correcto funcionamiento del sistema, que implícitamente tiene que ver con la calidad del producto final.

Las variables establecidas para el control y monitoreo son:

- Variables analógicas:
  - Velocidad del motor principal.
  - Torque del motor principal.
  - Corriente del motor principal.
  - Presión de fundido.
  - Velocidad del motor del alimentador.
  - Velocidad del motor del o de los Jaladores.
  - Temperatura de fundido.
  - Temperatura de las zonas del cabezal.
  - Temperatura de las zonas del barril.
  
- Variables booleanas:
  - Indicador on/off de la bomba de vacío.
  - Indicador on/off de la bomba de aceite.
  - Indicador on/off del motor principal.
  - Indicador on/off del motor de alimentador.
  - Indicador on/off del motor de cargador.
  - Indicadores on/off de las diferentes zonas de calentamiento – enfriamiento del cabezal.
  - Indicadores on/off de las diferentes zonas de calentamiento – enfriamiento del barril.

Adicionalmente, se incorpora a las pantallas un indicador de fecha y hora.



**Figura N° 4.5** Pantalla de ejemplo de establecimiento de variables.

#### 4.3.1. Indicadores

1. Control de accionamiento Permiten el control (on/off) de las zonas del barril.
2. Indicadores visuales de estado. Muestra el estado on/off de cada uno de los motores y bombas de la máquina.
3. Indicadores gráficos Muestran la variación en el valor de las variables analógicas principales de la máquina mediante cuadros de texto y barras graduadas, que indicarán el valor de la variable en un momento específico.
4. Indicador numérico de la variable de proceso Muestran la variación en el valor de las variables analógicas de temperatura de la máquina en un momento específico.

#### **4.4. ESTABLECIMIENTO DE VALORES PARA VARIABLES DE CONTROL**

El sistema consta, en muchas de las pantallas, de cuadros de ingreso numérico que sirven para el ingreso del punto óptimo (set point) de cada una de las variables particulares.

El color de los cuadros de ingreso numérico está estandarizado para este sistema en particular con los colores azul para el set point y verde para las variables de proceso.

##### **4.4.1. Ingreso de valores óptimos (Set Point)**

El ingreso de las variables de configuración o valores óptimos de trabajo (set points) es un paso importante dentro del control de procesos, ya que define el valor alrededor del cual va a tender a desplazarse una variable de proceso específica.

Este procedimiento se puede realizar de dos maneras descritas a continuación:

Por ejemplo, si se tiene la variable de set point de velocidad del motor principal en 0,0.



**Figura N° 4.6** Variable de Set Point de velocidad del motor principal.

Y se requiere subir el valor a 2, se tiene dos alternativas:

- Dando dos clics sucesivos en el cursor incremental del indicador numérico:



**Figura N° 4.7** Incremento en el valor de set point utilizando el ratón.

- Seleccionando el texto dentro del cuadro numérico e ingresando el valor deseado por teclado:



**Figura N° 4.8** Incremento en el valor de set point por teclado.

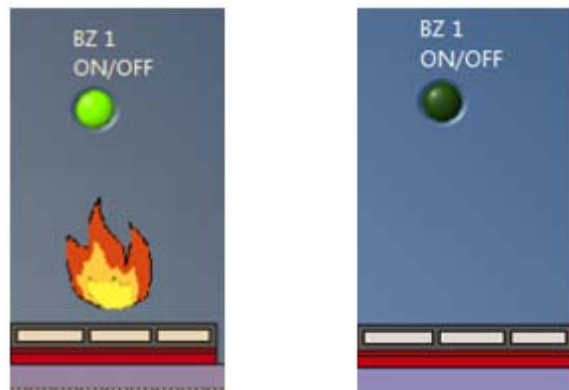
Es importante restringir el valor de ingreso de las variables de set point, ya que el ingreso de un valor inadecuado, puede verse reflejado en daños en los equipos o en fallas en el producto final.

Por seguridad, en el sistema implementado, se programaron restricciones para el ingreso de valores erróneos mediante las cuales, si se ingresa un valor superior a los valores admisibles descritos en la documentación técnica del fabricante de los equipos, automáticamente queda ingresado el máximo valor permitido.

#### 4.4.2. Variables Booleanas de Control

Dentro del programa de la interface gráfica realizada en LabVIEW™ existen variables de sólo lectura y variables de lectura y escritura, el control de variables hace referencia a las variables booleanas de escritura o control.

Las variables booleanas en la mayoría de pantallas están notadas con las etiquetas ON/OFF, tienen la acción mecánica de interruptores, que al ser presionados con el ratón cambian de estado, adicionalmente se muestran de un color opaco cuando se encuentran desactivadas y un color vivo cuando se encuentran activadas.



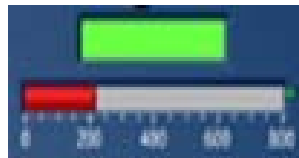
**Figura N° 4.9** Ejemplo de estado ON/OFF de una variable booleana.



#### 4.5. MONITOREO DE VARIABLES

El monitoreo de las variables en un SCADA, constituye una parte importante, ya que depende de las acciones correctivas que podamos tomar respecto de los valores en los que se encuentre una variable específica, para que el proceso no presente errores, y el producto final no tenga fallas.

Por tal motivo, se ha programado el despliegue de diferentes colores del fondo del cuadro indicador numérico que contiene el valor una variable de temperatura específica, en función de la desviación de la variable de proceso respecto al set point.



**Figura N° 4.10** Variable de proceso dentro del valor de set point



**Figura N° 4.11** Variable de proceso con desviación de  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  del valor de set point.



**Figura N° 4.12** Variable de proceso con desviación de más de  $\pm 6^{\circ}\text{C}$  del valor de set point

#### 4.5.1. Monitoreo de Variables Analógicas

Dentro del sistema, existen muchas variables analógicas cuyo monitoreo constituye una parte de vital importancia debido a que son indicadores del correcto funcionamiento de los principales dispositivos (motores y resistencias eléctricas).

Para realizar el monitoreo, basta con contrastar los valores de los cuadros indicadores numéricos de las variables de proceso con los valores, en unidades de ingeniería, establecidos como correctos para cada caso en particular según pruebas realizadas.

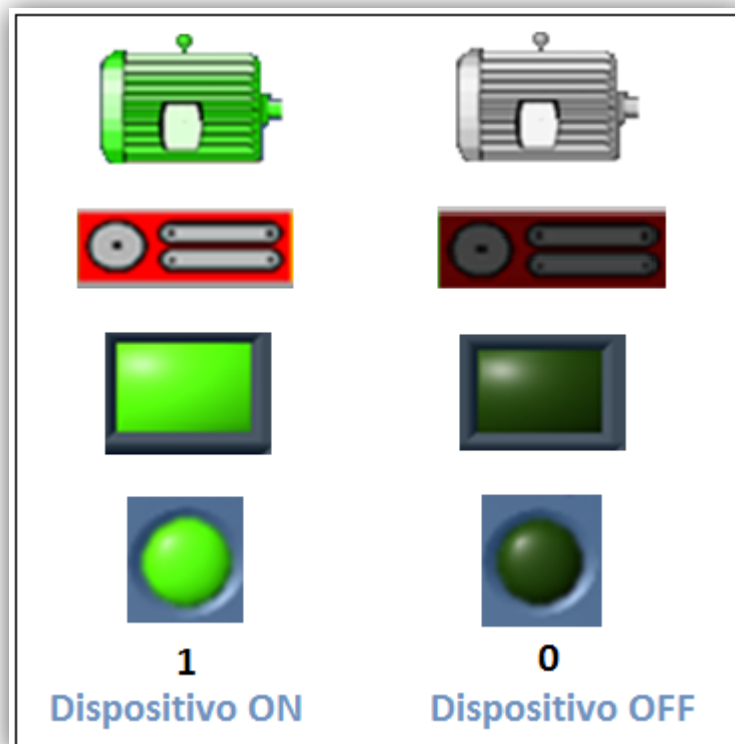
En algunos de los casos, adicionalmente al cuadro indicador numérico se tiene un indicador deslizante graduado en una escala acorde a los valores mínimo y máximo de una variable específica, lo cual ayuda a determinar de una manera visual si el valor de la variable es adecuado o no.



**Figura N° 4.13** Ejemplo de monitoreo de variables analógicas.

#### 4.5.2. Monitoreo de Variables Booleanas

Dado que las variables booleanas poseen dos estados lógicos, son fáciles de monitorear, es así que los indicadores del estado lógico, en algunos casos indicadores simples y en otros casos representaciones gráficas de los dispositivos cambian de color al cambiar de estado, de un color vivo al encontrarse activados a un color pálido al encontrarse desactivados.



**Figura N° 4.14** Estado lógico de las variables booleanas.

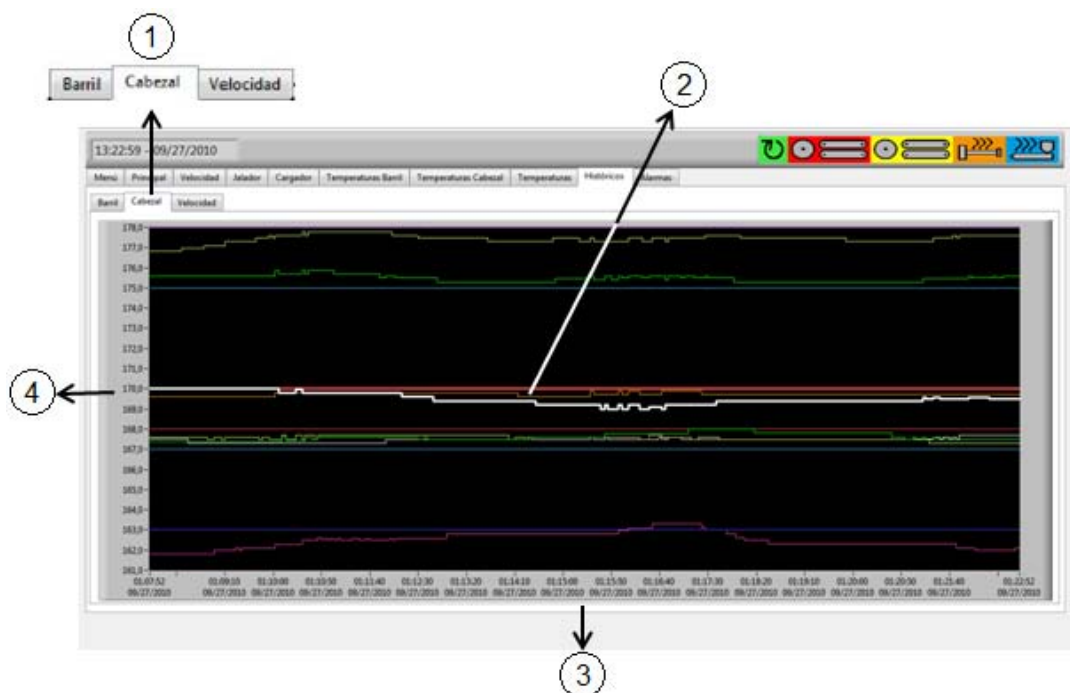
Dentro de la aplicación del proyecto, se han restringido varios controles de variables booleanas, debido que el proceso demanda condiciones especiales previas para el accionamiento de algunos motores y bombas que de no ejecutarse en una secuencia específica, puede derivar en daños de la máquina y fallas en el producto. Por esta razón los únicos dispositivos que se pueden controlar directamente son las resistencias eléctricas ubicadas en todas las zonas de calentamiento tanto del barril como del cabezal.

#### 4.6. GENERACIÓN DE CURVAS DE TENDENCIA

El sistema consta con una pantalla que muestra las curvas de tendencia de variables, sobre todo de temperatura en función del tiempo, para tener una referencia visual del comportamiento real del sistema y evidenciar malfuncionamientos que puedan producirse para, en función de esto, tomar acciones correctivas para asegurar la estabilidad del sistema y garantizar la calidad del producto.

Dentro de dicha carta que muestra las gráficas de las funciones de temperatura, se pueden configurar algunos parámetros, dentro de los cuales los más importantes son la configuración de las escalas de los ejes, tanto de la variable como del tiempo.

Adicionalmente se pueden configurar parámetros como colores, tipo, grosores, estilos de las líneas de función y del texto de las escalas.



**Figura N° 4.15** Pantalla de curvas de tendencia.

#### 4.6.1. Indicadores

1. Pestañas de acceso directo. Permiten el acceso a las gráficas de las funciones respectivas de las temperaturas de las zonas de calentamiento del barril, del cabezal y las velocidades de los diferentes motores de las máquinas.
2. Curvas de tendencia. Muestran las gráficas de las diferentes variables descritas anteriormente en función del tiempo.
4. Escala de tiempo. Muestra las unidades de la escala de tiempo seleccionada para una curva de tendencia de alguna variable en particular.
5. Escala de unidades de ingeniería. Muestra la escala de unidades de ingeniería seleccionada para una curva de tendencia de alguna variable en particular, siendo así respectivamente grados centígrados, revoluciones por minuto o centímetros por minuto.



#### **4.8. ACCIONES CORRECTIVAS**

Las acciones correctivas son los procedimientos que se deben llevar a cabo para superar un eventual malfuncionamiento o falla producidos por uno o varios equipos o dispositivos y determinados en el sistema de monitoreo por una señal de alarma específica.

Las acciones correctivas involucran, por tal motivo, revisiones y chequeos en los dispositivos en los cuales se ha generado la señal de alarma, o en los dispositivos de control y comunicaciones. Por tal motivo, ante una señal de alarma particular, una de las acciones correctivas a realizar será dar aviso a o a las personas encargadas del mantenimiento del área específica donde se haya producido la falla.

Las señales de alarma se producen también por ciertos límites en la desviación de las variables del proceso respecto del punto de set, por lo que las acciones correctivas en este caso consisten en una reconfiguración en los valores de set, este proceso se lo puede realizar de una manera remota.

Puesto que existen varios elementos que intervienen en el correcto funcionamiento del sistema, muchos de los cuales están fuera del control remoto, es necesario realizar un monitoreo permanente, teniendo en cuenta cuales son las acciones correctivas que se deben realizar en cada caso particular.

Más información respecto a las acciones correctivas se detalla en el manual de usuario. Anexo 1.

## CAPITULO V

### ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO

#### 5.1. COSTOS DE INVERSIÓN

Los elementos necesarios para la implementación del sistema SCADA se detallan en la siguiente tabla de costos.

COSTOS PROYECTO SCADA			PRESUPUESTO	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P. UNIT.	TOTAL
Módulo Siemens CP343-1 LEAN	4	u	948,60	3794,40
Cable UTP Categoría 5e Exteriores	20	m	0,80	16,00
Cable Industrial ETHERNET	220	m	3,50	770,00
Canaleta de Piso	8	u	12,00	96,00
Organiza Cable	1	rollo	10,00	10,00
Amarras 20 cm	1	Paquete	6,00	6,00
Computador	1	u	1200,00	1200,00
LabVIEW DSC Run Time System	1	u	880,00	880,00
NI OPC Servers	1	u	1555,00	1555,00
Salario del personal	2	Per.	2400,00	4800,00
			<b>Subtotal</b>	13127,40
			<b>I.V.A.</b>	1575,288
			<b>Total</b>	14702,69

**Tabla 5.1** Costos de inversión para el proyecto SCADA.



## 5.2. BENEFICIOS DE LA INVERSIÓN

Con la implementación de un sistema SCADA se obtiene un control redundante del proceso productivo; es decir, las líneas de producción poseen un método de control local o remoto, obteniendo de esta manera un sistema de control de respaldo en caso de imprevistos.

### 5.2.1. Análisis de Ganancias de Producción

En la siguiente tabla se muestran los datos de tiempo y capacidad de producción de cada máquina para obtener la producción mensual de cada máquina.

El margen de ganancia en cada línea de producción es de 24 centavos por cada kilogramo producido, considerando todos los gastos de conversión (energía eléctrica, agua, etc.) de la materia prima en producto terminado.

ANÁLISIS DEL PLAN DE PRODUCCIÓN 07-01-2011						
	Producción Prom. [Kg/h]	Días de Producción	Horas de Producción	Total [Kg]	Ganancia [\$/Kg]	Ganancia Total [\$]
LÍNEA 1	300	10	20	60000	0,24	14400,00
LÍNEA 3	100	28	20	56000	0,24	13440,00
LÍNEA 4	200	20	20	80000	0,24	19200,00
LÍNEA 5	80	28	20	44800	0,24	10752,00
LÍNEA 6	70	28	20	39200	0,24	9408,00
Total						67.200,00

**Tabla 5.2** Tabla de Análisis del Plan de Producción<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Datos tomados por el jefe de producción en función al mes más bajo de producción, Ver Anexo.

### 5.2.2. Cálculos

Tomando en cuenta los ingresos, egresos y gastos de inversión se procede a realizar el cálculo del VAL (Valor Actual Líquido) considerando como un egreso adicional los gastos por falla del sistema de control local en las líneas de producción.

Así tenemos que de acuerdo a la “**Tabla 5.2** *Tabla de Análisis del Plan de Producción*” para los casos extremos de falla son consideradas las líneas 6 (menor producción) y en la línea 4 (mayor producción).

#### 5.2.1.1. Análisis para la línea de producción 6

Teniendo en cuenta el índice de falla del sistema de control local es de dos fallas cada 3 años, por el lapso de un mes, podemos deducir que el sistema SCADA evita una pérdida de la producción mensual de esta línea cada año y medio, por lo tanto obtenemos que:

$$\text{Ganancia Cada 18 meses} = 9408,00 \$$$

Por regla de tres se tiene que:

$$\text{Ganancia anual} = \frac{9408,00 \times 12}{18} = 6272,00 \$$$

$$R = \frac{6272,00 \times 0,004383(1 + 0,004383)^{12}}{(1 + 0,004384)^{12} - 1} = 537,02 \$$$

El gasto de reparación del sistema de control local (Panel de Operador), considera el costo de envío desde China donde se ubica el fabricante de la máquina de extrusión y la adquisición del nuevo panel.

$$\text{Gastos de Reparación cada 18 meses} = 4000 \$$$

Por regla de tres se tiene que:

$$\text{Gastos Anuales por reparación} = \frac{4000 \times 12}{18} = 2666,66 \$$$

Para obtener el interés se tiene como datos:

$$\text{Interés nominal} = 8,59 \%^{41}$$

$$\text{Inflación} = 3,33 \%^{42}$$

$$\Rightarrow i_{\text{Anual}} = 8,59 - 3,33 = 5,26 \%$$

$$i_{\text{Mensual}} = \frac{5,26}{12} = 0,4383 \%$$

Para obtener los ingresos y egresos mensuales se tiene:

$$C_0 = R \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Despejando R, se tiene:

$$R = \frac{C_0 \times i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Para los gastos de reparación mensual:

$$R = \frac{2666,66 \times 0,004383(1 + 0,004383)^{12}}{(1 + 0,004384)^{12} - 1} = 228,32 \$$$

---

<sup>41</sup> Banco Central del Ecuador, Tasa de Interés Activa, 2011,  
[http://www.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=activa](http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=activa)

<sup>42</sup> Banco Central del Ecuador, Inflación Anual, 2010,  
[http://www.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=inflacion](http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion)

Egresos Totales:

$$\text{Egresos} = \text{Renta para reparaciones} + \text{Salario Proporcional del Operador} \\ + \text{Gastos de mantenimiento}$$

$$\text{Egresos Mensuales} = 228,32 + 48 + 20 = 296,32 \$$$

$$\text{Egresos Anuales} = 296,32 \frac{(1 + 0,004383)^{12} - 1}{0,004383} = 3642,89 \$$$

Tomando en cuenta un valor residual 25% se tiene:

$$\text{Valor Residual} = 0,25 \times 14702,69 = 3675,67 \$$$

Por lo tanto para calcular el VAL se tiene cómo datos:

$$i_{\text{Anual}} = 8,59 - 3,33 = 5,26 \%$$

$$\text{Inversión} = 14702,69 \$$$

$$\text{Valor Residual} = 0,25 \times 14702,69 = 3675,67 \$$$

$$\text{Ingresos Anuales} = 537,02 \times \frac{(1 + 0,004383)^{12} - 1}{0,004383} = 6601,91 \$$$

$$\text{Egresos Anuales} = 296,32 \times \frac{(1 + 0,004383)^{12} - 1}{0,004383} = 3642,89 \$$$

$$FC = 6601,91 - 3642,89 = 2959,02 \$$$

Fórmula para el cálculo del VAL para un tiempo de inversión de 5 años:

$$VAL = -\text{Inversión} + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} + \text{Valor Residual}$$

$$VAL = -14702,69 + 12719,45 + \frac{3675,67}{(1 + 0,0526)^5}$$

$$VAL = 861,35 \Rightarrow \text{Por lo tanto el inversionista recibe excedentes}$$

Para el cálculo del TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) se tiene:

$$0 = -Inversión + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} + Valor\ Residual$$

Por iteraciones se obtiene un interés de:

$$TIR = 7,887933 \% \Rightarrow \text{Por lo tanto el proyecto es viable}$$

$$0,0004453 = -14702,69 + 12188,07 + 2514,62$$

Para el cálculo del PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) se tiene:

$$Inversión = R \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Por iteraciones se obtiene un periodo de 5,91 años

$$14702,69 = 2959,02 \times \frac{(1 + 0,0526)^{5,91} - 1}{0,0526(1 + 0,0526)^{5,91}}$$

#### 5.2.1.2. Análisis para la línea de producción 4

Para el caso de falla del panel de control local de esta línea de producción se deben tomar los indicadores de egresos del caso anterior “5.2.1.1 Análisis para la línea de producción 6”, para el caso de los ingresos anuales se tiene que:

$$\text{Ganancia Cada 18 meses} = 19200,00 \$$$

Por regla de tres se tiene que:

$$\text{Ganancia anual} = \frac{19200,00 \times 12}{18} = 12800,00 \$$$

$$R = \frac{12800,00 \times 0,004383(1 + 0,004383)^{12}}{(1 + 0,004384)^{12} - 1} = 1095,96 \$$$

Por lo tanto para calcular el VAL se tiene cómo datos:

$$i_{\text{Anual}} = 8,59 - 3,33 = 5,26 \%$$

$$\text{Inversión} = 14702,69 \$$$

$$\text{Valor Residual} = 0,25 \times 14702,69 = 3675,67 \$$$

$$\text{Ingresos Anuales} = 1095,96 \times \frac{(1 + 0,004383)^{12} - 1}{0,004383} = 13473,28 \$$$

$$\text{Egresos Anuales} = 296,32 \times \frac{(1 + 0,004383)^{12} - 1}{0,004383} = 3642,89 \$$$

$$FC = 13473,28 - 3642,89 = 9830,39 \$$$

Cálculo del VAL para un tiempo de inversión de 5 años:

$$VAL = -Inversión + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} + Valor\ Residual$$

$$VAL = -14702,69 + 42256,29 + \frac{3675,67}{(1+0,0526)^5}$$

$$VAL = 30398,19 \Rightarrow \text{Por lo tanto el inversionista recibe excedentes}$$

Para el cálculo del TIR (Tasa Interna de Rentabilidad) se tiene:

$$0 = -Inversión + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} + Valor\ Residual$$

Por iteraciones se obtiene un interés de:

$$TIR = 176,69 \% \Rightarrow \text{Por lo tanto el proyecto es viable}$$

$$-0,002322 = -14702,69 + 14680,02 + 22,67$$

Para el cálculo del PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión) se tiene:

$$Inversión = R \times \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Por iteraciones se obtiene un periodo de 1,599 años

$$14708,29 = 9830,39 \times \frac{(1+0,0526)^{1,599} - 1}{0,0526(1+0,0526)^{1,599}}$$

## CONCLUSIONES

- El primer procedimiento para la automatización de un proceso consiste en la verificación y disposición de los equipos en función de los trabajos que estos realizan en el campo como parte de un subproceso.
- Los equipos y dispositivos que se utilizan para la implementación del sistema se seleccionan bajo criterios técnicos y económicos que se ajustan al presupuesto disponible para la implementación del proyecto, considerando la funcionalidad y confiabilidad del sistema.
- Para poder adicionar un módulo de comunicación a un PLC es necesario consultar el número máximo de módulos admisibles para el modelo específico de dicho PLC y la compatibilidad que este presente para la integración de un procesador de comunicaciones dentro de su hardware.
- Con la utilización de un cable apantallado y tomando en cuenta las distancias de separación normadas se evita el ruido electromagnético inducido que generan las cargas inductivas en un ambiente industrial.
- La confiabilidad de la red depende de todos los elementos que la componen; es decir que la confiabilidad de la red esta en directa dependencia al equipo que más tendencia tenga a la falla, por lo cual todos los elementos deben ajustarse a las características industriales.
- La topología de red se establece en función de las características particulares de los equipos seleccionados y tomando en cuenta la confiabilidad que se otorgue a la red, debido a que se pueden seleccionar diferentes topologías para un mismo sistema.
- La red industrial y la red empresarial deben estar separadas mediante máscaras de subred independientes, para evitar conflictos de direcciones IP y además como medio de control de acceso a la red industrial.



- Los procesadores de comunicaciones son utilizados solamente para la creación de la red, mas no para la protección lógica de los datos que se transmiten mediante ellos, para lo cual se deben utilizar dispositivos específicos que posean estas prestaciones.
- El conmutador de comunicaciones se encuentra ubicado en el lugar más céntrico posible a toda la red, para de esta manera optimizar los recursos que demanda la estructuración de la red.
- Los fabricantes de PLCs generan sus propios protocolos de comunicación para mejorar y optimizar el envío y recepción de datos dentro de sus equipos, por lo cual se debe conocer el manejo estos protocolos y los controladores necesarios para establecer una transferencia de datos adecuada.
- La selección del servidor OPC depende directamente tanto de los dispositivos con los cuales se establezca la comunicación como del software en el cual se realiza la programación de la interfaz gráfica del sistema, debido a que existe una gran variedad de servidores OPC los cuales presentan prestaciones más específicas dependiendo de su fabricante y su aplicación.
- La velocidad de adquisición de datos no solamente depende del tipo de comunicación que se utilice, sino también de las configuraciones de tiempos de actualización programadas en el servidor OPC, debido a que no se debe saturar al servidor al momento de actualizar los datos de las variables, para esto la configuración del “*Scan Rate*” es un punto crítico sobre el cual se debe tener especial cuidado.
- Los datos de variables analógicas son manejados dentro del PLC como variables enteras para evitar pérdidas en el tiempo de procesamiento de datos al manejar variables del tipo doble.

- La plataforma de desarrollo LabVIEW™ ofrece una función para escalar los valores, esto quiere decir que se puede multiplicar el valor de una variable obtenida en el servidor OPC por cualquier valor, simplemente modificando las unidades de ingeniería que se establecen en la interfaz de LabVIEW™.
- Las variables utilizadas deben ser vinculadas directamente al servidor OPC sin ningún otro tipo de programación, debido a que dichas variables son compartidas entre el sistema SCADA, paneles de operador y PLCs, por lo cual se debe evitar la manipulación excesiva de dichos datos.
- La utilización de LabVIEW como interfaz de desarrollo simplifica de manera significativa el trabajo que se debería realizar con cualquier otro tipo de software similar, debido a que posee librerías específicas y muy completas para solucionar cualquier problema que se necesite solucionar.
- Los datos de registros históricos se deben almacenar dentro una base datos, para acceder a datos guardados en cualquier momento desde que el sistema fue ejecutado, obteniendo indicadores de producción precisos y confiables.
- En vista de que el sistema implica ingreso de variables analógicas, tiene indicadores específicos de accionamiento de dispositivos y debido a que las líneas de producción son de diferentes modelos es necesaria la elaboración de un manual de operación que constituye una guía para la persona encargada de administrar el sistema.

## RECOMENDACIONES

- Por razones de seguridad antes de realizar cualquier trabajo de automatización se deben realizar procedimientos de extracción de respaldos de software tanto de paneles de operador como de los PLCs que intervienen dentro del proceso.
- El diseño de la interfaz gráfica debe ser en lo posible lo más similar a como se encuentran los equipos distribuidos en las líneas de producción, para de esta manera poder obtener una interfaz amigable e intuitiva al manejo de cualquier persona familiarizada con el proceso productivo.
- Se deben manejar niveles de acceso al programa, para evitar ingresos malintencionados al sistema, los cuales pueden producir daños severos en los procesos productivos.
- Se recomienda la utilización del menor número de dispositivos de comunicaciones, para evitar pérdidas de en la velocidad de comunicaciones y adquisición de señales, en cuanto más directa sea la conexión mejor se maneja el sistema.
- Al utilizar un enlace inalámbrico a para la transmisión de datos se debe tener en cuenta todas las posibles interferencias que se puedan presentar, por lo cual la ubicación de dicho dispositivo es un aspecto muy importante a tener en consideración al momento de estructurar la red industrial.
- La mejor manera de poder adquirir conocimientos nuevos es a través de los foros oficiales de las marcas que se manejen, los foros de Siemens y National Instruments son seguidos por usuarios certificados de ambas marcas, por lo cual las respuestas que se obtenga serán muy confiables y seguras al momento de aplicarlas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INTERNET,  
<http://www.transducersdirect.com/heleocart/productpage/td31.aspx>,  
Transducer Direct.
- INTERNET,  
[http://www.dynamicelec.com/product\\_manuals/melt%20pressure%20transducers/974119\\_pt418\\_oil\\_filled\\_series.pdf](http://www.dynamicelec.com/product_manuals/melt%20pressure%20transducers/974119_pt418_oil_filled_series.pdf), Dinamic Electronics.
- INTERNET,  
[http://www.promelsa.com.pe/productos\\_list.asp?id\\_linea=008&id\\_sublinea=5&id\\_familia=04&saldos=&pm\\_list=1](http://www.promelsa.com.pe/productos_list.asp?id_linea=008&id_sublinea=5&id_familia=04&saldos=&pm_list=1), Promelsa.
- MARTÍNEZ, Patricia y AZUAGA, Marcelo, *Calibración de una termocupla de Chromel-Alumel*, UBA, 1997.
- HEIKES y URE, *Science and Engineering of Thermoelectricity*, Clarendon Press Co. 1991, Capítulos 1,2 y 10.
- INTERNET,  
[http://www.sapiensman.com/medicion\\_de\\_temperatura/termocuplas.htm](http://www.sapiensman.com/medicion_de_temperatura/termocuplas.htm),  
Sapiensman.
- INTERNET, <http://bc.inter.edu/facultad/arincon/encoderincrementales.pdf>,  
Eltra.
- SIEMENS, *Manual B CP 343-1 Lean*, 2010.
- SIEMENS, *Collection Manuals*, 2010.
- INTERNET,  
<https://support.automation.siemens.com/ww/lisapi.dll/15048962?func=ll&objid=25061425&objaction=csview&lang=es&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=ww&load=treecontent>, Siemens.
- INTERNET,  
<https://support.automation.siemens.com/ww/lisapi.dll/26484227?func=ll&objid=26484228&objaction=csview&lang=es&siteid=cseus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=ww&load=treecontent>, Siemens.
- CORRALES, Luis, *Interfaces de Comunicación Industrial*, Quito 2004.
- INTERNET, <http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/iu2-c5e-p-i.shtml>, Hyperline.

- INTERNET, [http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/ftp2\\_s\\_out.shtml](http://esp.hyperlinesystems.com/catalog/cable/ftp2_s_out.shtml), Hyperline.
- INTERNET, <http://internett.galeon.com/redes.htm>, Varios.
- INTERNET, <http://www.electronica-basica.com/fibra-optica.html>, Electrónica Básica.
- INTERNET, <http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3>, Kioskea.
- SIEMENS, *PC-Adapter Manual*, 2010.
- INTERNET, [http://www.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=inflacion](http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion), Banco Central del Ecuador
- INTERNET, [http://www.bce.fin.ec/resumen\\_ticker.php?ticker\\_value=activa](http://www.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=activa), Banco Central del Ecuador.

## **ANEXOS**



Lima, 12 de Enero de 2011

Señores  
**TIGRE S.A.**  
Guayaquil - Ecuador

Atención: Sr. Hector Lara  
Jefe de Planta

PROFORMA				
11EC001R				
ITEM	CANT.	CATALOGO	DESCRIPCION	PRECIO TOTAL F.O.B. SHUNDE
<b>GUANDONG LIANSU MACHINERY MANUFACTURING CO., LTD</b>				
1	1	-	LIANSU - Panel MP277 - SIEMENS	4,000.00
				US\$ 4,000.00

\*Importante: el pago deberá efectuarse con el Tipo de cambio del día de la facturación y/o pago.

\*NOTA: El tiempo de entrega no contempla los días feriados por el Año Nuevo Chino.

CONDICIONES DE PAGO: 100% adelantado

INSTALACION: No Incluida.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 días.



Atentamente,

**Elden Nicodemos**  
Gerente General

**APS**  
**Asia Plastic Solutions**

Unidad de Negocio de Noble Equipment & Services Ltda.  
NIT: 900091501-2

\*NOTA: Los precios FOB se mantienen fijos durante la validez de la oferta, los valores CIF y DDP antes del embarque quedara sujeto a las variaciones en el numero de contenedores y precios de los fletes.

La fecha de entrega comprometida se calcula a partir del cumplimiento de todas las condiciones establecidas en esta oferta.

En caso de ser necesario, el costo de un traductor no se incluye en esta oferta.

# PLANIFICACIÓN DE PRODUCCION PVC

Actualizado el: 13-01-2011

Total por producir (Kg.)  
584.723

Línea 1 70 kg/hora									
CLIENTE	CODIGO	DESCRIPCION	Cantidad por fabricar	Cantidad Pedido	Peso Kg/Tubo	Peso Kg.	FECHA INICIO	FECHA FIN	OBSERVACIONES
	10.125.154	25mm 1,6MPa	4.000	962	1,15	-			
Banariego	10.125.170	25mm Banano			0,86	-			
	10.125.243	32mm 1,25MPa	11.800	1.893	1,45	17.110	9/Ene	21/Ene	En Producción
	10.125.359	40mm 1,0Mpa	3.900		1,74	6.786	21/Ene	26/Ene	
	10.125.340	40mm 1,25Mpa	1.500		2,19	3.278	26/Ene	28/Ene	
	10.125.065	20mm 2,0Mpa	3.000		0,84	2.505	28/Ene	30/Ene	
	10.125.170	25mm Banano	40.000	40.000	0,86	34.400	30/Ene	24/Feb	
TOTAL						64.079	46 días de producción		

Línea 2 100 kg/hora									
	10.125.847	63mm 0,63Mpa EC	4.000	4.036	2,79	11.140	12/Ene	18/Ene	En Producción
	10.125.820	63mm 0,8Mpa EC	2.700	150	3,68	9.939	18/Ene	23/Ene	
	10.125.723	63mm 1,0Mpa	1.000	253	4,35	4.353	23/Ene	25/Ene	
	11.070.507	50mm Desague x 3 m	5.000	2.545	1,50	7.500	25/Ene	29/Ene	
	11.060.501	50mm Ventilación	4.000	1.300	1,10	4.400	29/Ene	31/Ene	
	10.000.483	1 1/2" sch 80	300	35	6,40	1.921	31/Ene	1/Feb	
	10.000.602	2" sch 80	500	311	8,87	4.435	1/Feb	3/Feb	
TOTAL						32.548	16 días de producción		

Línea 3. 80 kg/hora									
Banariego	10.125.170	25mm Banano			0,86	-			
	10.125.170	25mm Banano	50.000	23.343	0,86	42.950	10/Ene	6/Feb	En Producción
	10.000.211	1/2" sch 80	9.300	1.255	1,99	18.507	6/Feb	18/Feb	
	10.000.270	3/4" sch 80	1.300	998	2,60	3.377	18/Feb	20/Feb	
	10.000.335	1" sch 80	2.000	1.005	3,82	7.646	20/Feb	25/Feb	
TOTAL						72.480	45 días de producción		

Línea 4. 120 kg/hora									
	10.126.860	125mm 0,63Mpa JEI	1.200	1.200	11,25	13.495	12/Ene	18/Ene	En producción
	10.126.894	125mm 1,25Mpa JEI	100	27	20,92	2.092	18/Ene	19/Ene	
	11.061.109	110mm Ventilación x 3 m	10.000	5.525	3,57	35.660	19/Ene	3/Feb	
	11.071.104	110mm Desague x 3 m	6.000	3.400	3,75	22.500	3/Feb	12/Feb	
	10.126.541	110mm 1,25Mpa EC	200	55	16,24	3.248	12/Feb	13/Feb	
	10.126.550	110mm 1,25Mpa JEI	400		16,38	6.550	13/Feb	16/Feb	
	10.126.800	110mm 0,63Mpa JEI	400		8,82	3.527	16/Feb	17/Feb	
	10.127.343	140mm 0,63Mpa EC	200		13,40	2.680	17/Feb	18/Feb	
	10.127.300	140mm 0,8Mpa EC	200	93	17,46	3.492	18/Feb	19/Feb	
TOTAL						93.244	39 días de producción		

Línea 5. 100 kg/hora									
	10.126.150	90mm 1,25Mpa JEI			11,07	-			
	11.071.104	110mm Desague x 3 m			3,75	-			
	14.133.100	110mm Ducto Tipo 1	1.500	3.129	9,41	14.120	7/Ene	14/Ene	En Producción. Impresión Hi
	10.126.410	90mm 0,63Mpa EC	3.000	1.936	5,82	17.448	14/Ene	23/Ene	
	10.126.320	90mm 0,8Mpa EC	800	508	7,34	5.874	23/Ene	26/Ene	
	10.125.928	75mm 0,8Mpa EC	1.000	554	5,02	5.019	26/Ene	29/Ene	
	11.060.757	75mm Ventilación x 3 m	5.000	1.947	2,30	11.500	29/Ene	4/Feb	
	10.125.677	50mm 1,0Mpa JEI	900		2,76	2.485	4/Feb	5/Feb	
	10.125.740	63mm 1,25Mpa JEI	500		5,43	2.715	5/Feb	6/Feb	
	10.126.150	90mm 1,25Mpa JEI	600		11,07	6.640	6/Feb	9/Feb	
	10.126.428	90mm 0,63Mpa JEI	800		5,86	4.691	9/Feb	11/Feb	
	10.126.479	90mm 0,8Mpa JEI	500		7,34	3.672	11/Feb	13/Feb	
TOTAL						74.164	37 días de producción		

Línea 6 300 kg/hora									
	10.129.788	355mm 0,5Mpa JEI	400	383	74,63	29.853	17/Ene	22/Ene	Suspendido por Re-conexión
	10.129.478	400mm 0,5Mpa EC	30	10	91,62	2.749	22/Ene	23/Ene	
	10.128.668	200mm 0,63Mpa JEI	600	574	29,02	17.409	23/Ene	26/Ene	
	10.128.331	200mm 1,25Mpa JEI	200	172	54,67	10.934	26/Ene	28/Ene	
	10.128.552	200mm 0,8Mpa JEI	300	175	36,34	10.902	28/Ene	30/Ene	
	10.128.544	200mm 0,8Mpa EC	200	222	36,05	7.209	30/Ene	31/Ene	
	11.072.003	200mm Desague x 6 m	400	47	24,85	9.941	31/Ene	2/Feb	
TOTAL						88.997	15 días de producción		

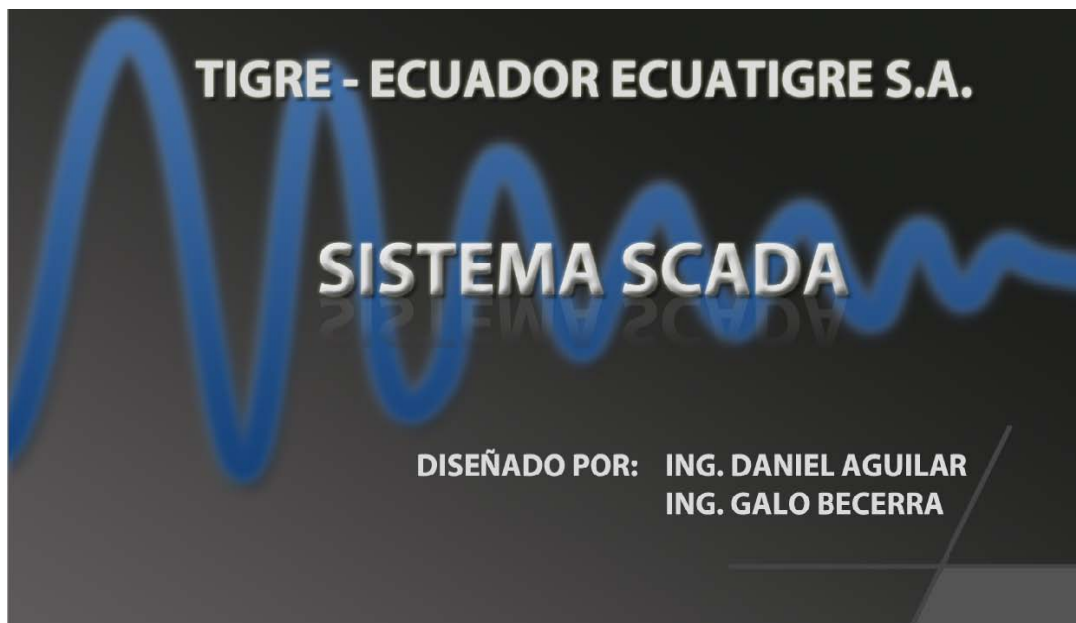
Línea 7 90 kg/hora									
	10.125.545	50mm 0,8Mpa EC		2.582	2,19	-			
	10.125.545	50mm 0,8Mpa EC		2.582	2,19	-			
	10.125.537	50mm 1,0Mpa		467	2,76	-			
	10.125.847	63mm 0,63Mpa EC	2.000	4.036	2,79	5.570	12/Ene	17/Ene	En Producción
	10.125.448	50mm 1,25Mpa EC	1.000	416	3,42	3.415	17/Ene	20/Ene	
	10.125.545	50mm 0,8Mpa EC	7.900	2.582	2,19	17.325	20/Ene	3/Feb	
	10.125.537	50mm 1,0Mpa	1.100		2,76	3.037	3/Feb	6/Feb	
TOTAL						29.347	24 días de producción		

Línea 8 200 kg/hora									
	11.071.600	160mm Desague x 3 m		210	8,45	-			
	11.061.605	160mm Ventilación x 3 m		980	7,53	-			
	10.127.848	160mm 0,8Mpa EC		397	24,25	-			
	10.127.858	160mm 0,8Mpa JEI		44	23,40	-			
	10.127.629	160mm 1,25Mpa JEI	200	64	34,63	6.927	12/Ene	14/Ene	En producción
	14.133.100	110mm Ducto Tipo 1	1.500	3.129	9,41	14.120	14/Ene	18/Ene	
	10.128.889	225mm 0,63Mpa JEI	725	725	66,76	48.404	18/Ene	30/Ene	
	10.127.645	160mm 1,0Mpa JEI	600	378	28,74	17.244	30/Ene	3/Feb	
	10.127.958	160mm 0,63Mpa EC	1.000	949	18,32	18.315	3/Feb	8/Feb	
	11.061.605	160mm Ventilación x 3 m	3.300		7,53	24.856	8/Feb	14/Feb	
TOTAL						129.865	32 días de producción		





# Manual de Operación



**Uso:** Este manual describe los procedimientos necesarios para la operación del sistema y está restringido para uso exclusivo de personal autorizado, teniendo Tigre S.A. Ecuatigre, los derechos sobre la utilización y reproducción del presente documento.

**Importante:** Antes de la puesta en marcha y operación del sistema, se hace obligatoria la necesidad de leer y comprender en su totalidad el contenido de este manual.

**Aviso:** Algunos de los componentes de las pantallas son comunes a todas las pantallas, por lo que la descripción de dichos componentes consta solamente en la primera pantalla en la que aparecen.



Advertencia importante que puede alterar el correcto funcionamiento del sistema.



Advertencia importante que puede dañar las máquinas, el sistema o poner en riesgo a los operadores.

# 1

## INGRESO DE USUARIO Y CONTRASEÑA



### **Función.-**

- La función de esta pantalla es el ingreso de “Usuario” y “Contraseña” para acceder al sistema.

### **Indicadores.-**

1. Cuadro de texto “Usuario” En este cuadro de texto se debe ingresar el nombre de usuario asignado por el administrador del sistema.
2. Cuadro de texto “Contraseña” En este cuadro de texto se debe ingresar la contraseña del usuario que puede constar de caracteres alfa numéricos o símbolos sin un límite específico.

**Operación.-** Utilizando el teclado del computador para la operación del sistema, se debe ingresar los datos tanto de usuario como de contraseña asignados para cada operador.



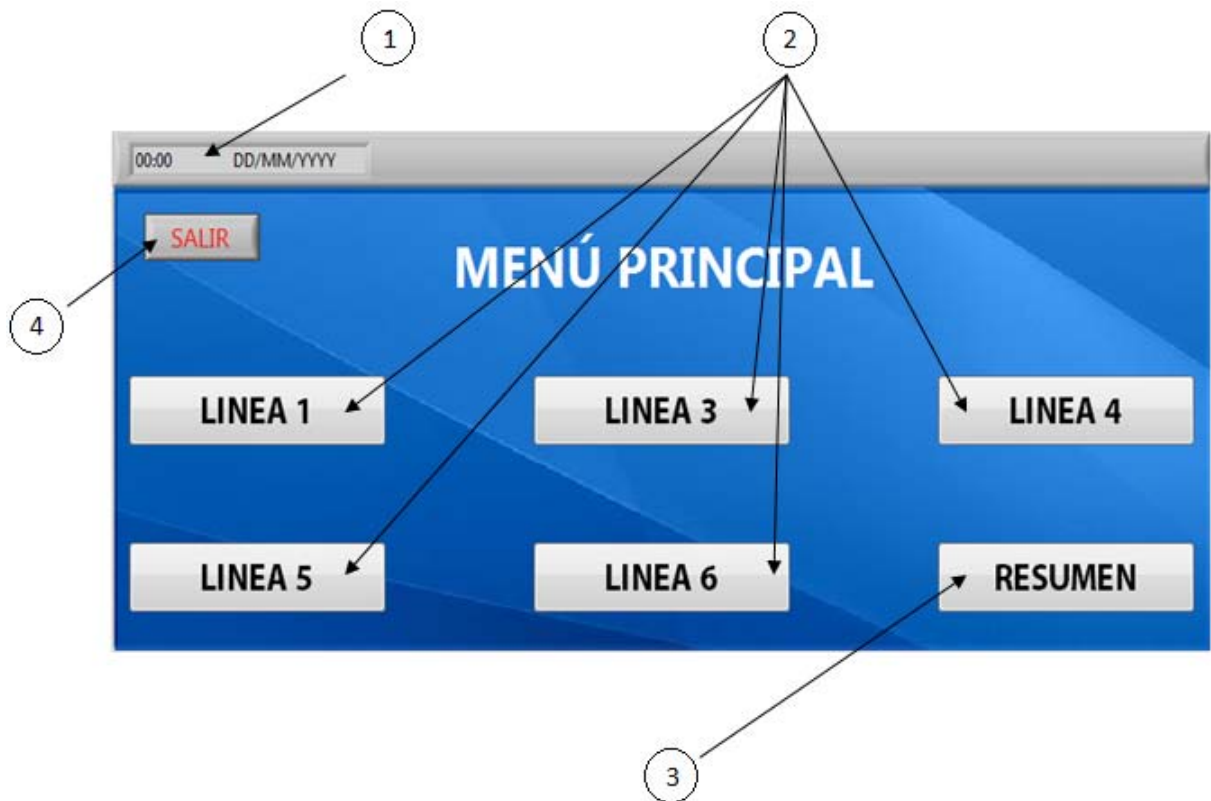
El sistema discrimina entre mayúsculas y minúsculas, lo que se debe tener en cuenta al momento de configurar la contraseña.



En caso de no recordar el nombre de usuario o contraseña, el operador del sistema deberá comunicarse con el administrador, para que le sea reasignado otro nombre de usuario; asimismo es recomendable que cada usuario recuerde su contraseña, ya que será responsabilidad de él cualquier eventualidad que se genere a partir de esto.

## 2

### MENÚ PRINCIPAL



#### **Función.-**

- Controlar el ingreso a las pantallas de configuración de cada una de las líneas que conforman el sistema SCADA.
- Controlar el ingreso a la pantalla que contiene un resumen de las variables más importantes de cada una de las líneas vistas de una manera global.

#### **Indicadores.-**

1. Indicador de hora y fecha. Muestra la hora y la fecha del sistema.

2. Botones de acceso directo a las líneas Controlan el acceso a la información y configuración de parámetros de cada una de las líneas integradas dentro del sistema.
3. Botón de acceso directo al resumen Controla el acceso a la información resumida sobre los parámetros de todas las líneas de producción.
4. Botón para salir del sistema.

**Operación.-** El sistema mantiene la lógica de control utilizada en el ambiente de Windows, por lo que los botones mostrados en la pantalla, serán activados al darles un clic con el botón izquierdo del mouse.

Al accionar los botones que contienen el nombre de cada una de las líneas, se accederá directamente a las pantallas de configuración de las variables de dicha línea de producción.

Así por ejemplo: si se acciona el botón **LINEA 3**, se accederá a la configuración de las variables de la línea 3. (Ver página 7).

Al accionar el botón **RESUMEN**, se accederá a la información resumida a cerca de los parámetros importantes de todas las líneas de producción integradas dentro del sistema, vistas de una manera global. (Ver página 36 “Resumen”).

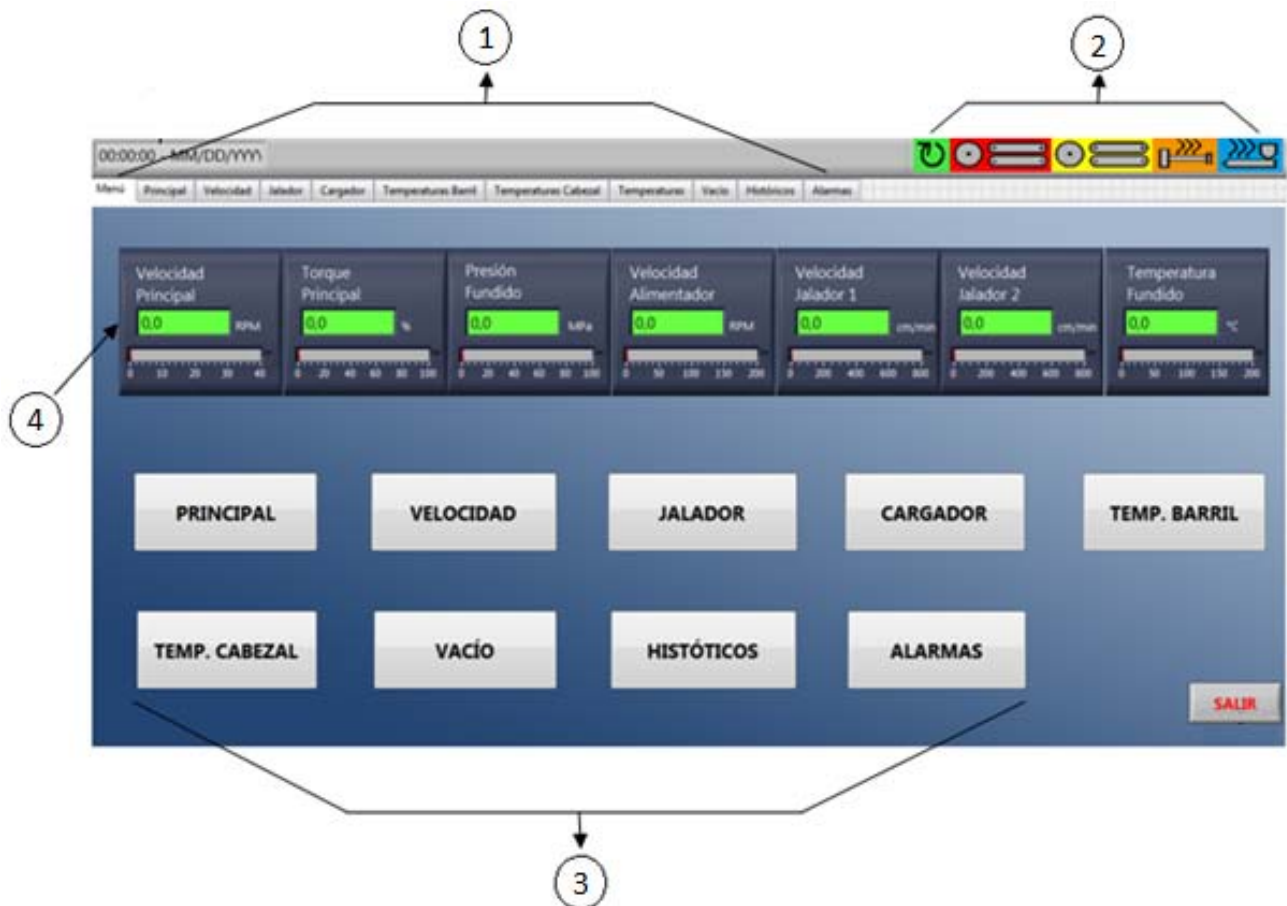
Al accionar el botón **SALIR** se cierra el sistema, por lo cual se debe ingresar nuevamente siendo necesario el ingreso del nombre de usuario y contraseña. (Ver página 3).



El indicador de hora y fecha se actualiza con el reloj interno del computador y estos parámetros son la referencia temporal que se utiliza para la obtención de los datos históricos, por lo que si se alteran dichos parámetros en la configuración del computador, también se alterará la referencia de los datos históricos.

3

## MENÚ



### Función.-

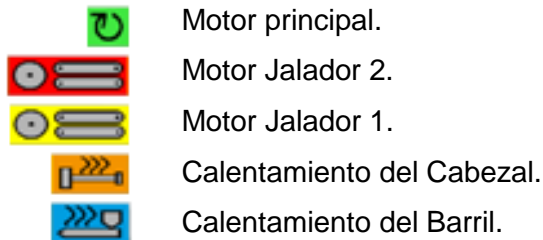
- Visualizar las variaciones de los parámetros más importantes de una línea específica.
- Controlar el acceso a cada uno de las partes constitutivas de la línea de producción seleccionada.

## Indicadores.-

1. Pestañas de acceso a sub pantallas Contienen la información del valor y estado de las variables de la máquina en cada uno de los diferentes componentes, estas pestañas son:

- PRINCIPAL
- VELOCIDAD
- JALADOR
- CARGADOR
- TEMPERATURA BARRIL
- TEMPERATURA CABEZAL
- TEMPERATURAS
- VACIO
- HISTORICOS
- ALARMAS

2. Indicadores gráficos de estado Muestran el estado <on/off> de los principales actuadores de la máquina, de izquierda a derecha constan:

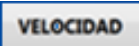


3. Botones de acceso directo a sub pantallas.
4. Indicadores gráficos Muestran el valor de cada una de las variables más importantes de la máquina así:
  - Velocidad principal.
  - Torque principal.
  - Presión de fundido.
  - Velocidad del alimentador.
  - Velocidad del Jalador 1.



- Velocidad del Jalador 2.
- Temperatura de fundido.

**Operación.-** Tanto los botones de acceso directo a sub pantallas como las pestañas de acceso a sub pantallas, tienen una función exactamente igual, es decir que cualquiera de los dos métodos que se utilice, permitirá al usuario acceder a las diferentes páginas de monitoreo y configuración de variables de cada máquina.

Así por ejemplo: si se acciona el botón  o si se acciona la pestaña “Velocidad”, se accederá a monitoreo y configuración de variables de velocidad de los diferentes motores de la máquina. (Ver página 13).

Estando dentro de cualquier sub pantalla, bastará con seleccionar cualquier otra pestaña de acceso a sub pantallas para cambiar de pantalla.

Los indicadores gráficos de estado muestran el estado <on/off> de los principales actuadores de la máquina y aparecerán de color vivo si el actuador se encuentra encendido, y de color pálido si el actuador se encuentra apagado.

Así por ejemplo, se debe tener en cuenta la apariencia del ícono que se muestra en la esquina superior derecha de la pantalla. Así:



Motor del jalador 2 apagado.



Motor del jalador 2 encendido.

Los indicadores gráficos muestran la variación en el valor de las variables principales de la máquina descritas en la página anterior, mediante cuadros de texto y barras graduadas, que indicarán el valor de la variable en un momento específico.

Los indicadores numéricos de temperatura, tienen la capacidad de cambiar de color de fondo dependiendo de la desviación de la variable de proceso respecto del set point; así:



Cuando la variable de proceso está dentro del valor del set point  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ .



Cuando la variable de proceso está dentro del valor del set point  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ .



Cuando la variable de proceso está dentro del valor del set point  $\pm 6^{\circ}\text{C}$ .

Cuando el sistema detecta una falla o desconexión en la termocupla de alguna de las zonas de calentamiento o la temperatura de cualquiera de las zonas de calentamiento sobrepasa el nivel máximo ( $300^{\circ}\text{C}$ ), el indicador gráfico empieza a parpadear y se escucha un sonido pulsante de alarma en la computadora.

Para saber en qué zona se produjo la falla, es necesario ir a la sub pantalla de “Temperaturas”.

Para reconocer la alarma producida por este efecto, es necesario ir a la sub pantalla de “Alarmas” y seguir el procedimiento de reconocimiento de alarmas. (Ver página 34 “Alarmas”).

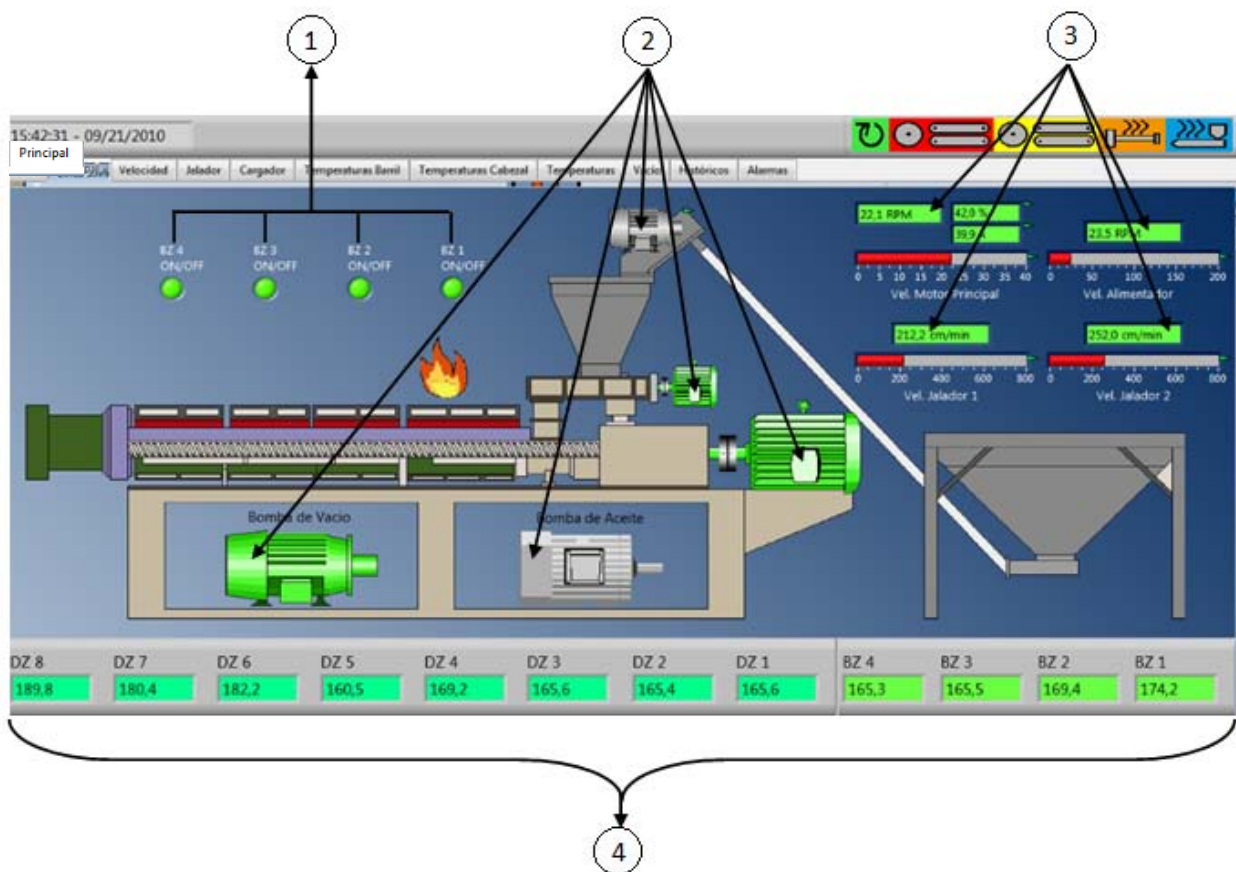


Es importante realizar el monitoreo constante de las variables del proceso, sobre todo las variables de temperatura y presión. Si el indicador está en rojo, implica que la temperatura se desvió del set point por encima de los límites permitidos para asegurar un funcionamiento correcto del proceso.

Si el indicador llega a ponerse en rojo, el operador deberá comunicarse con la persona encargada de mantenimiento para realizar las correcciones respectivas para poder reanudar la producción.

# 4

## PRINCIPAL



### Función.-

- Monitorear la variación en las temperaturas tanto del cabezal como del barril de la línea.
- Controlar la activación/desactivación de las zonas de calentamiento del barril.
- Monitorear el valor de las variables principales de la máquina (Ver página 8).

- Verificar el estado lógico <on/off> de los actuadores:
  - Bomba de vacío.
  - Bomba de aceite.
  - Motor principal.
  - Motor de alimentador.
  - Motor de cargador.

#### **Indicadores.-**

1. Control de accionamiento Permiten el control (on/off) de las zonas del barril.
2. Indicadores visuales de estado. Muestra el estado ON/OFF de cada uno de los motores y bombas de la máquina.
3. Indicadores gráficos Muestran la variación en el valor de las variables principales de la máquina mediante cuadros de texto y barras graduadas, que indicarán el valor de la variable en un momento específico (*Ver página 8*).
4. Indicador numérico de la variable de proceso (Temperatura en °C).

**Operación.-** Esta pantalla dispone de controles de accionamiento que sirven para controlar el encendido o apagado de las zonas de calentamiento del barril, los botones serán activados/desactivados al darles un clic con el botón izquierdo del mouse.

Para realizar el monitoreo del estado lógico de los actuadores, se debe tener en cuenta la apariencia. Así:



Motor encendido



Motor apagado

Los indicadores numéricos de las variables de proceso tienen las mismas características que los indicadores numéricos en la pantalla “Menú”. (*Ver página 9*).

# 5

## VELOCIDAD



### Función.-

- Monitorear y controlar las variables del motor principal de la máquina:
  - o Velocidad (RPM).
  - o Torque (%).
  - o Corriente (A).
  - o Presión (MPa).
- Monitorear y controlar las velocidades del motor del alimentador (RPM) y de los motores de los jaladores (cm/min).

- Monitorear el estado lógico on/off de los motores.

### Indicadores.-

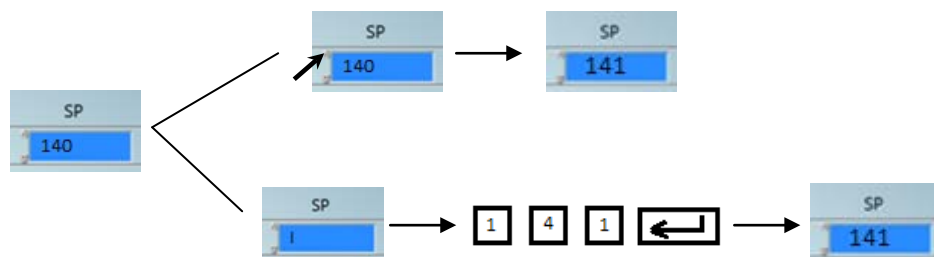
1. Indicador numérico de la variable de proceso. Muestra el valor real de cada variable en las unidades asignadas para cada indicador.
2. Indicador numérico de set point. Muestra el valor de seteo para cada variable en las unidades asignadas para cada indicador.
3. Indicadores visuales de estado. Muestra el estado ON/OFF de cada uno de los actuadores.

**Operación.-** Para arrancar una línea es necesario primero ingresar los valores de seteo de todas las variables involucradas en el proceso, para realizar este procedimiento existen dos alternativas.

La primera consiste en situar el cursor sobre el Indicador numérico de set point e ingresar el dato de set point con el teclado del computador.

La segunda alternativa es dar clics sucesivos en incremento o decremento sobre el control del indicador (parte izquierda del indicador numérico).

Así por ejemplo si la variable de set point está en 140 y queremos subirla a 141:



Es importante notar que los colores de fondo de los indicadores numéricos están estandarizados así:



Set Point. <Este valor se puede alterar dentro de los rangos máximos permitidos para cada una de las variables>



Variable de proceso <Este valor no se puede alterar>

El color de fondo del Indicador numérico de la variable de proceso cambia conforme la variable se desvíe del valor de set point. (Ver página 10).

Para realizar el monitoreo del estado lógico de los actuadores, se debe tener en cuenta la apariencia. Así:



Motor apagado



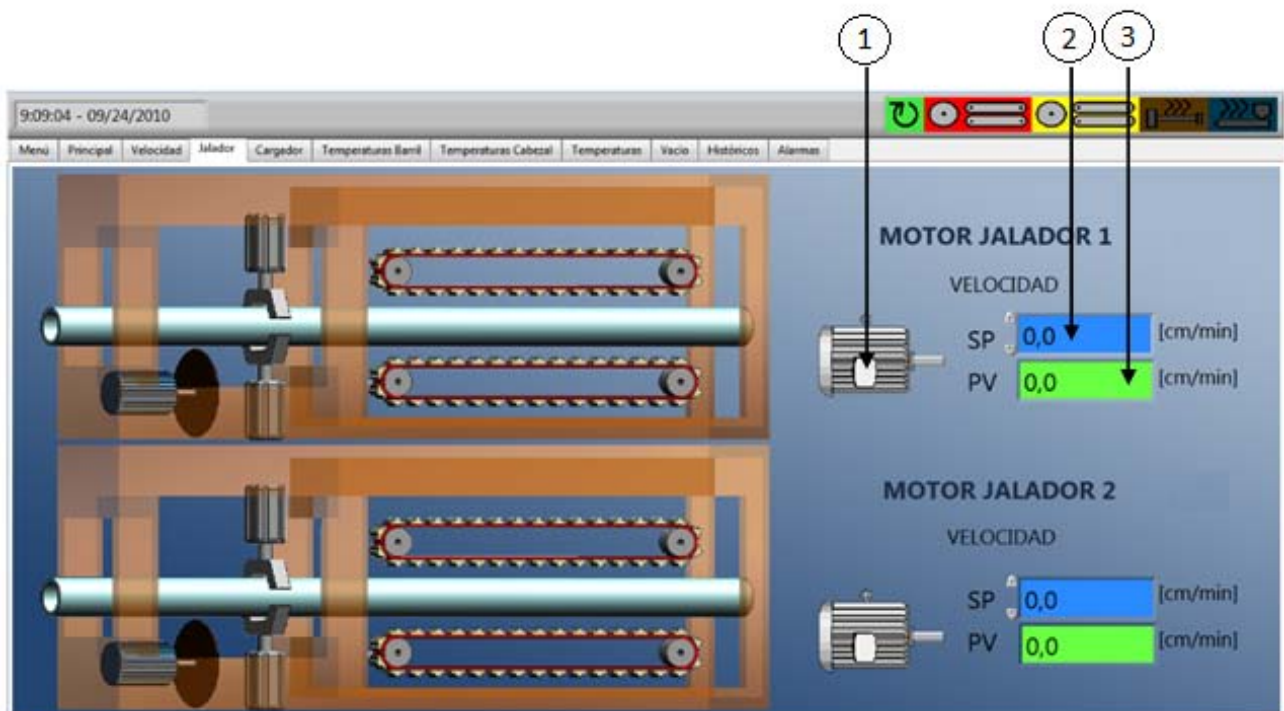
Motor encendido



Los valores de los cuadros indicadores numéricos asignados para el ingreso de los set points, pueden ser alterados dentro de los límites permitidos, pero los valores de los cuadros indicadores numéricos que muestran el valor de la variable de proceso, no pueden alterarse, sirven únicamente para el monitoreo.

# 6

## JALADOR



### Función.-

- Monitorear y controlar las velocidades del o de los motores de los jaladores (cm/min).
- Monitorear el estado lógico on/off de los motores de los jaladores.

### Indicadores.-

1. Indicador gráfico de estado Muestran el estado lógico de el o los motores de los jaladores (on/off).

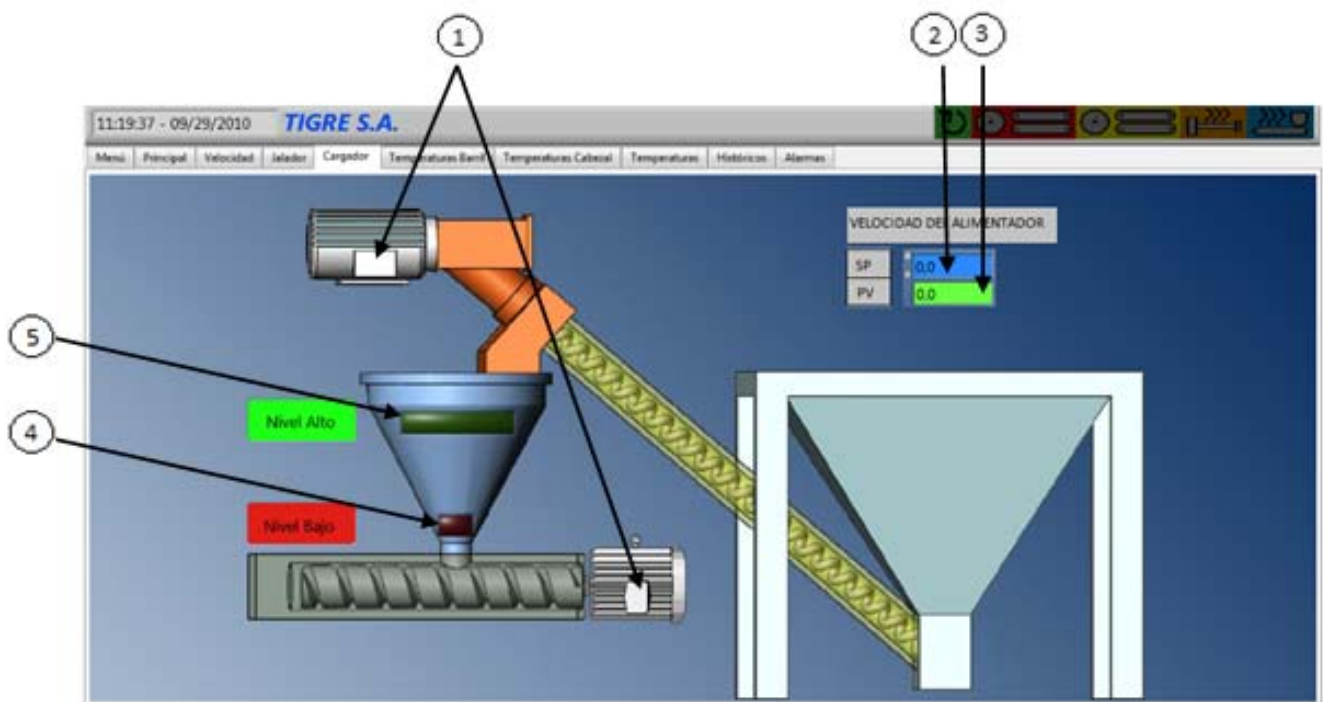


2. Indicador numérico de set point Muestra el valor de seteo para cada variable en las unidades asignadas para cada indicador. (velocidad en cm/minuto).
3. Indicador numérico de la variable de proceso. Muestra el valor real de cada variable en las unidades asignadas para cada indicador (velocidad en cm/minuto).

**Operación.-** La operación se realiza de manera idéntica al monitoreo y control de la sub pantalla “Velocidad”.(Ver páginas 14 y 15).

# 7

## CARGADOR



### Función.-

- Monitorear y controlar la velocidad del motor del alimentador (RPM).
- Monitorear el estado lógico on/off de los motores del alimentador y del cargador.
- Monitorear el estado lógico de los sensores alto y bajo de la tolva de alimentación de material.

### Indicadores.-

1. Indicador gráfico de estado Muestran el estado lógico de el o los motores del alimentador y del cargador (on/off).

2. Indicador numérico de set point Muestra el valor de seteo para la velocidad del alimentador. (En RPM).
3. Indicador numérico de la variable de proceso. Muestra el valor real de la velocidad del alimentador. (En RPM).
4. Indicador gráfico de estado nivel bajo Muestra el estado lógico del sensor de nivel bajo de la tolva de alimentación de material (on/off).
5. Indicador gráfico de estado nivel alto Muestra el estado lógico del sensor de nivel alto de la tolva de alimentación de material (on/off).

**Operación.-** La operación se realiza de manera idéntica al monitoreo y control de la sub pantalla “Velocidad”.(Ver páginas 14 y 15).

Para realizar el monitoreo del estado lógico de los motores tanto del cargador como del alimentador, se debe tener en cuenta la apariencia de los indicadores. (Ver página 12).

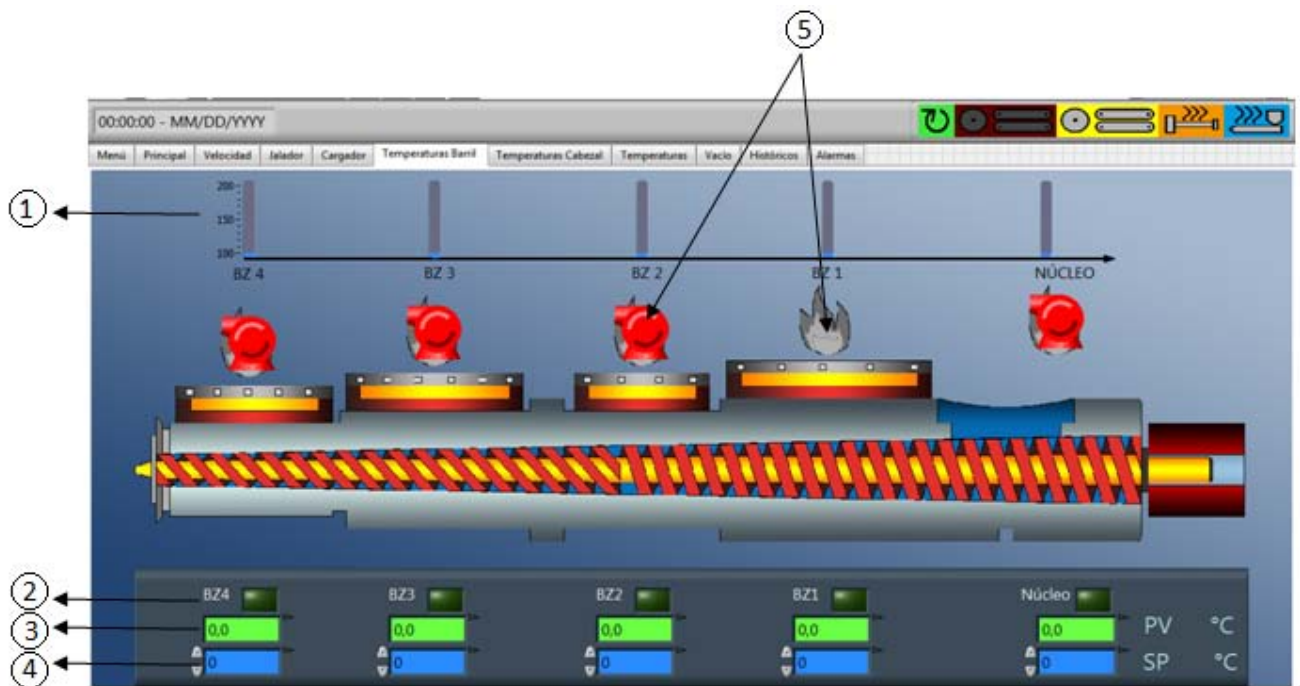
Para realizar el monitoreo del estado lógico de los sensores tanto de nivel bajo como de nivel alto de la tolva de alimentación de material, se debe tener en cuenta la apariencia tanto del Indicador gráfico de estado nivel bajo como del Indicador gráfico de estado nivel alto (Ver página 15).



Si se ha activado el sensor de nivel bajo de la tolva de alimentación de material, y el motor del cargador no se ha encendido, se debe alertar al o a los operadores que estén a cargo de la máquina puesto que esto podría generar un daño en la máquina.

# 8

## TEMPERATURA BARRIL



### Función.-

- Monitorear y controlar la temperatura de cada una de las zonas del barril.
- Monitorear el estado lógico on/off de cada una de las zonas del barril.
- Visualizar el estado activo <calentando/enfriando> de cada una de las zonas del barril.
- Visualizar gráficamente la desviación entre el set point y el valor real de temperatura para cada una de las zonas del barril.

### Indicadores.-

1. Indicador gráfico de desviación. Muestra la desviación entre la temperatura real y la temperatura de set point para cada zona del barril.
2. Control de accionamiento Permiten el control (on/off) de las zonas del barril.
3. Indicador numérico de la variable de proceso Muestra el valor real de la temperatura de cada una de las zonas del barril. (En °C).
4. Indicador numérico de set point Muestra el valor de seteo para la temperatura de cada una de las zonas del barril. (En °C).
5. Indicadores gráficos de acción Muestran la acción llevada a cabo en cada una de las zonas del barril.

**Operación.-** Para el monitoreo y configuración de variables y set points de temperaturas de cada una de las zonas del cabezal en el Indicador numérico de la variable de proceso y el Indicador numérico de set point, se sigue el mismo criterio visto anteriormente en el ingreso y monitoreo de variables de velocidad. ( Ver página 14).

Para efectuar el monitoreo de los Indicadores gráficos de acción, se deben tener en cuenta los íconos que aparecen en la pantalla, localizados junto a cada zona. Así:



Zona activada, en enfriamiento.

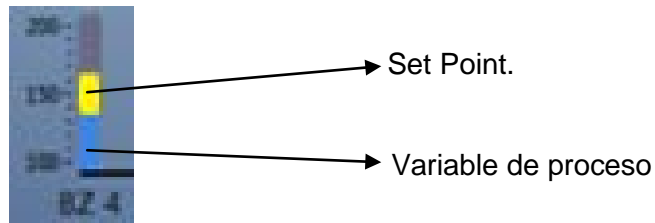


Zona activada, en calentando.

Para habilitar o deshabilitar una o más zonas específicas del barril, se deben pulsar los Controles de accionamiento correspondientes, y verificar la apariencia de los íconos. ( Ver página 15).

Para realizar el monitoreo del Indicador gráfico de desviación, se deben tener en cuenta ciertas indicaciones:

Existen colores diferentes para visualizar la desviación entre la variable de proceso <temperatura> y el set point.



La variable de proceso <barra azul> se encuentra superpuesta al set point <barra amarilla>, para poder observar cuando la variable de proceso alcanza el valor de set point.

Con referencia a la escala graduada que se encuentra a la izquierda del Indicador gráfico de desviación, se puede observar en cuantos °C difiere en falta o exceso la temperatura de la zona respecto del set point.



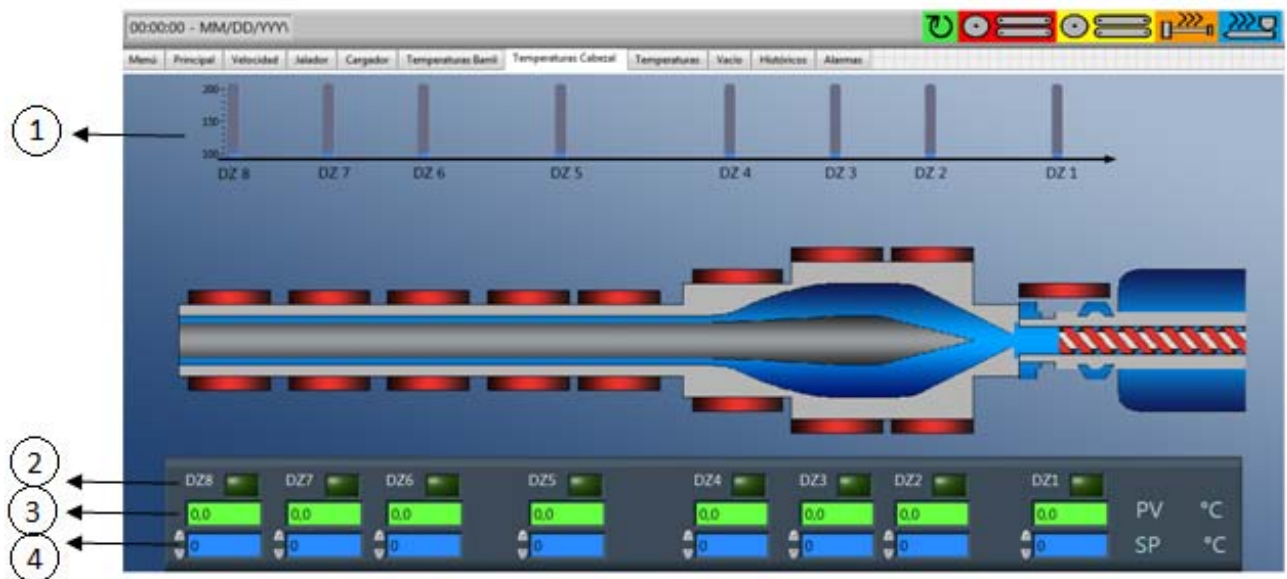
Es importante notar que los controles activación de las zonas de calentamiento del barril permitirán al operador habilitar o deshabilitar el calentamiento de una o varias zonas, lo que podría producir fallas en el producto.



Los íconos utilizados como Indicadores gráficos de acción, podrán ser visualizados siempre y cuando las zonas del barril se encuentren habilitadas, es decir se encuentren en estado lógico ON.

# 9

## TEMPERATURA CABEZAL



### Función.-

- Monitorear y controlar la temperatura de cada una de las zonas del cabezal.
- Monitorear el estado lógico on/off de cada una de las zonas del cabezal.
- Visualizar el estado activo <calentando/enfriando> de cada una de las zonas del cabezal.
- Visualizar gráficamente la desviación entre el set point y el valor real de temperatura para cada una de las zonas del cabezal.

**Indicadores.-**

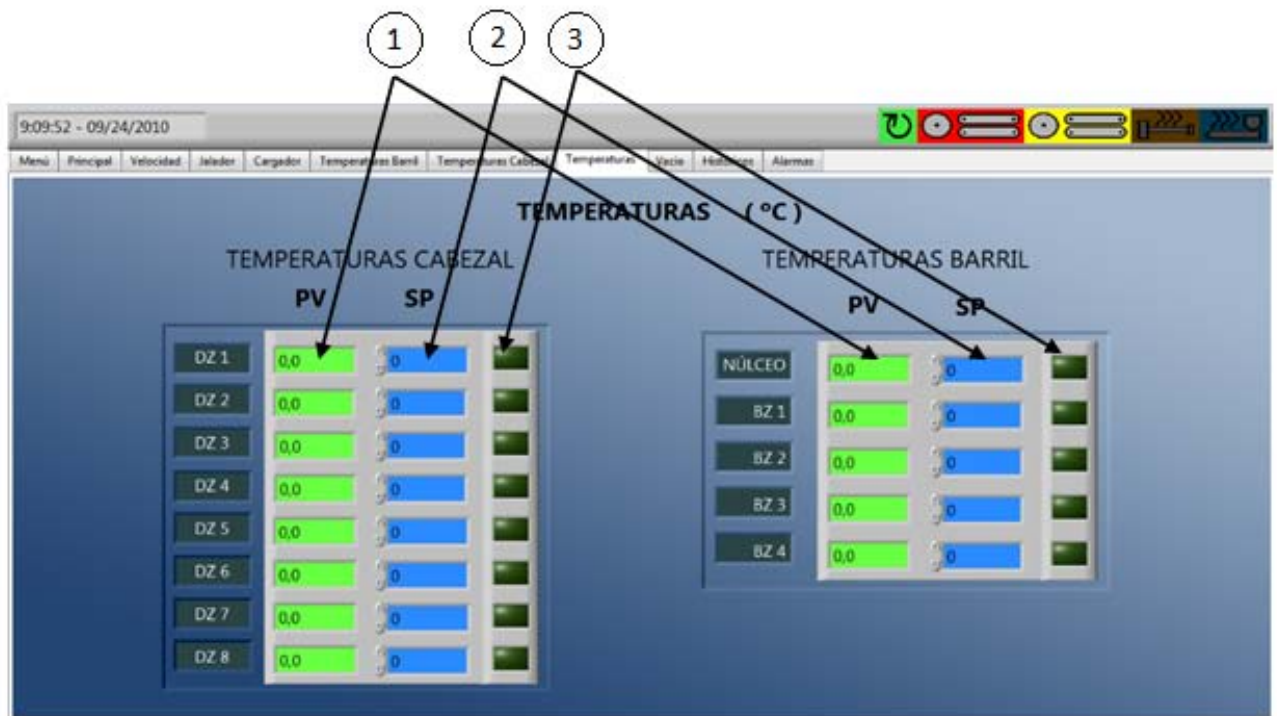
6. Indicador gráfico de desviación. Muestra la desviación entre la temperatura real y la temperatura de set point para cada zona del cabezal.
7. Control de accionamiento Permiten el control (on/off) de las zonas del cabezal.
8. Indicador numérico de la variable de proceso Muestra el valor real de la temperatura de cada una de las zonas del cabezal. (En °C).
9. Indicador numérico de set point Muestra el valor de seteo para la temperatura de cada una de las zonas del cabezal. (En °C).
10. Indicadores gráficos de acción Muestran la acción llevada a cabo en cada una de las zonas del cabezal.

**Operación.-** La operación de esta sub pantalla es exactamente igual a la operación de la sub pantalla “Temperatura Barril”. ( Ver páginas 21 y 22).



# 10

## TEMPERATURAS



### Función.-

- Monitorear y controlar la temperatura de cada una de las zonas tanto del cabezal como del barril.
- Monitorear el estado lógico on/off de cada una de las zonas tanto del cabezal como del barril.

### Indicadores.-

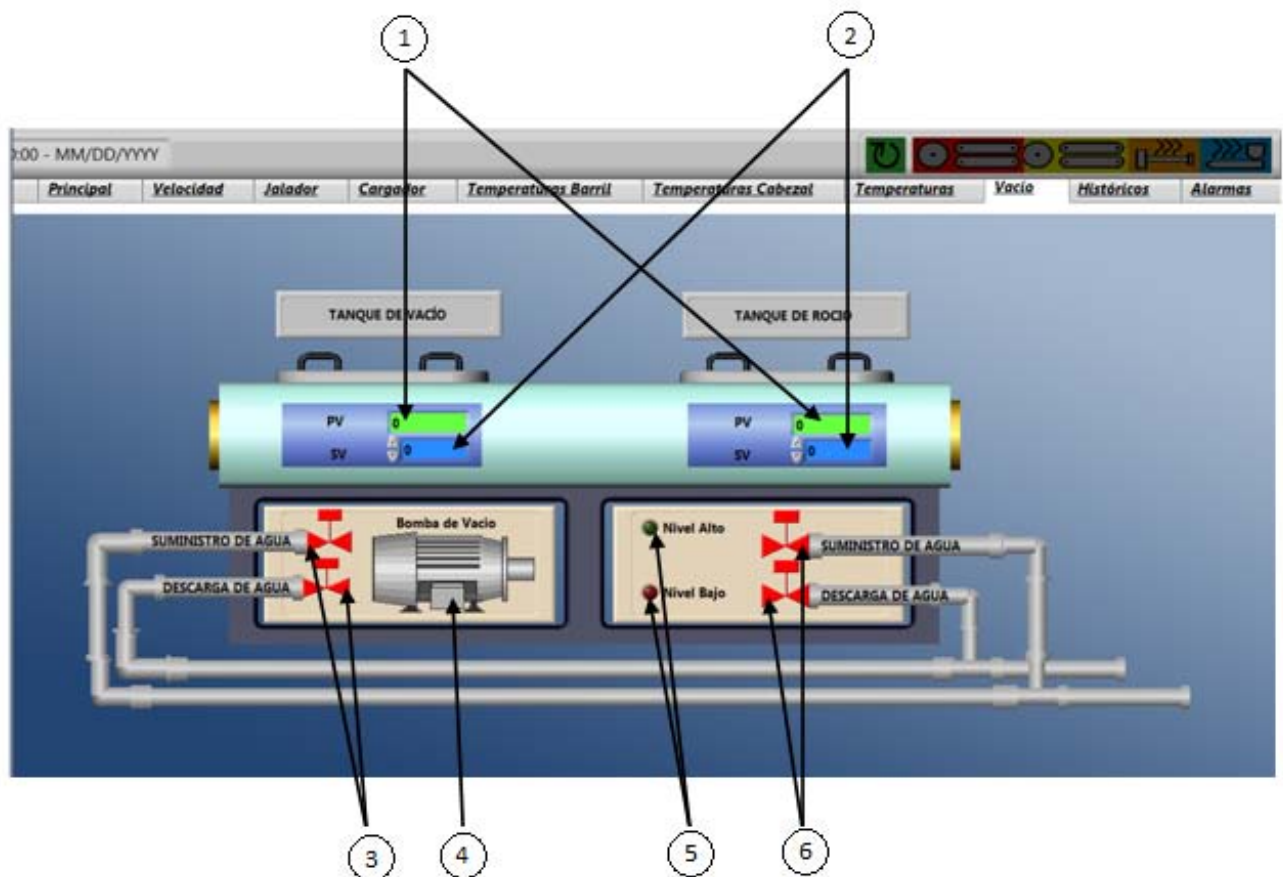
1. Indicador numérico de la variable de proceso Muestra el valor real de la temperatura de cada una de las zonas tanto del barril como del cabezal. (En °C).

2. Indicador numérico de set point Muestra el valor de seteo para la temperatura de cada una de las zonas tanto del barril como del cabezal. (En °C).
3. Control de accionamiento Permiten el control (on/off) tanto de las zonas del barril como de las zonas del cabezal.

**Operación.-** La operación de esta sub pantalla es exactamente igual a la operación de la sub pantalla “Temperatura Barril” y “Temperatura barril”. (Ver páginas 21 y 22).

# 10

## VACIO



### Función.-

- Monitorear y controlar la temperatura tanto del o de los tanques de vacío y del o de los tanques de rocío.
- Monitorear el estado lógico on/off de cada una de las bombas de agua y de vacío.
- Monitorear el estado lógico open/close de las válvulas tanto para el suministro como para la descarga de agua en el o los tanques de vacío y de rocío.

- Monitorear tanto el nivel bajo como el nivel alto del agua de los tanques de vacío y de rocío.

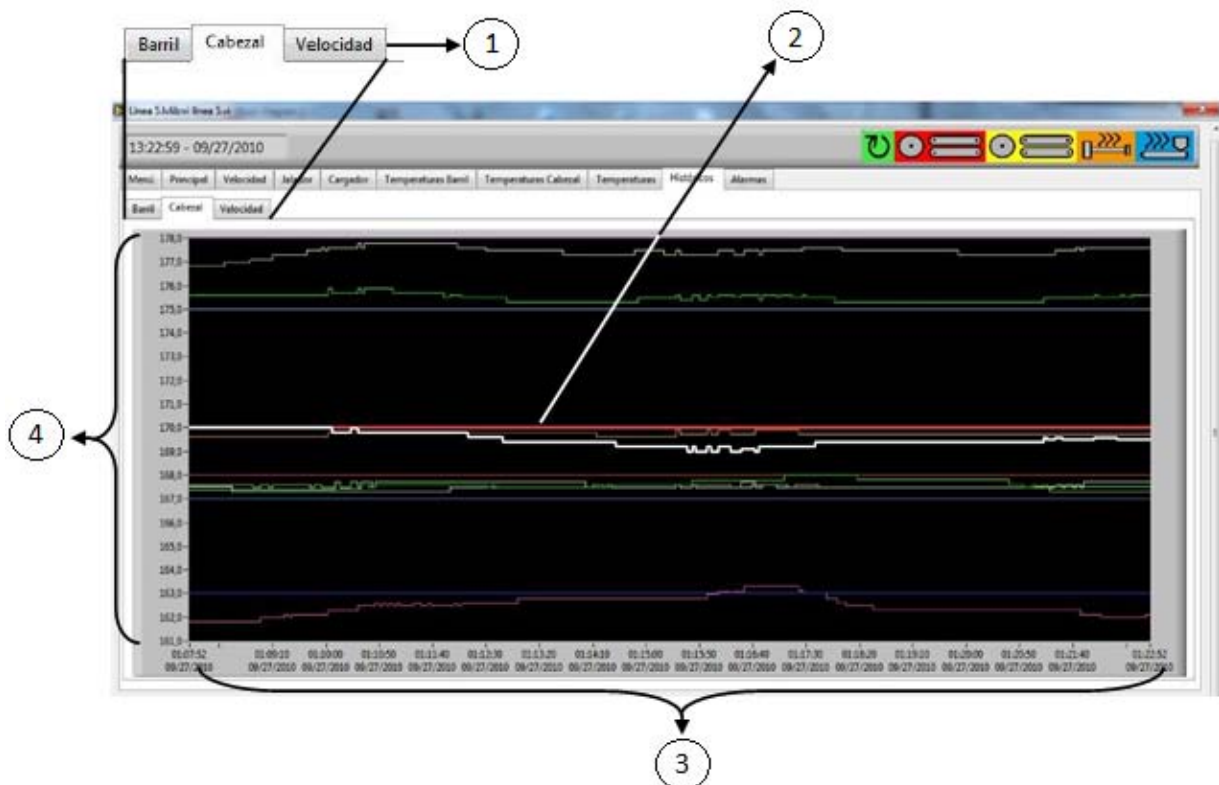
### **Indicadores.-**

1. Indicador numérico de la variable de proceso Muestra el valor real de la temperatura de cada uno de los tanques. (En °C).
2. Indicador numérico de set point Muestra el valor de seteo para la temperatura de cada uno de los tanques. (En °C).
3. Indicador gráfico de accionamiento de válvulas Permiten monitorear el estado (on/off) tanto de las válvulas de suministro y descarga de agua para el tanque de vacío.
4. Indicador gráfico de accionamiento de bomba Permite monitorear el estado lógico on/off de la bomba de agua.
5. Indicador gráfico de nivel Permiten monitorear los niveles alto y bajo dentro de los tanques tanto de vacío como de rocío.
6. Indicador gráfico de accionamiento de válvulas Permiten monitorear el estado (on/off) tanto de las válvulas de suministro y descarga de agua para el tanque de rocío.

**Operación.-** La operación de esta pantalla, se la realiza de manera idéntica a la operación de las pantallas anteriores, es decir siguiendo la misma lógica tanto para seteo y monitoreo de variables analógicas, como para el monitoreo de accionamientos lógicos on/off, abierto/cerrado, en cuyo caso se tiene un indicador visual que cambia de color según los dos estados. (Ver páginas 21 y 22).

# 12

## HISTORICOS



### Función.-

- Monitorear los registros históricos de las distintas variables de proceso en función del tiempo de una manera gráfica.
- Generar archivos históricos de registro en Microsoft® Excel a partir de los datos obtenidos en la cartilla gráfica.

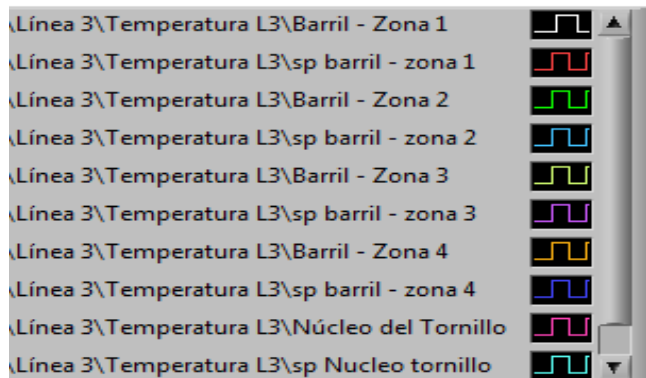
### Indicadores.-

1. Pestañas de acceso a sub pantallas de históricos Contienen la información gráfica de las variaciones de las variables de temperatura y

velocidades en función del tiempo para cada uno de los diferentes componentes de la máquina, estas pestañas son:

- BARRIL
- CABEZAL
- VELOCIDAD

2. Curvas de tendencia de variables Muestra los valores reales de las variables, representadas en curvas de tendencia en función del tiempo, con colores específicos asignados a cada variable y etiquetas que muestran el nombre de cada variable. Así:



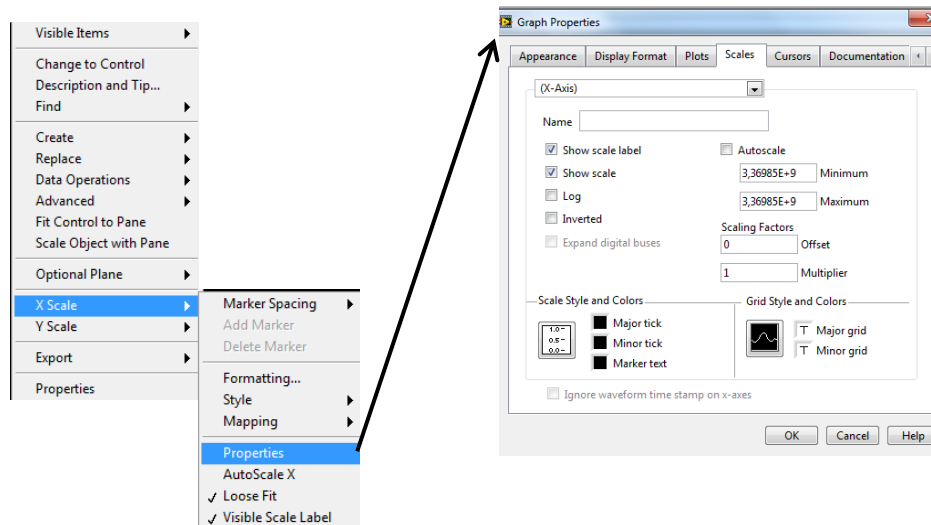
Etiquetas y asignación de variables por colores

3. Eje X Escala de unidades de tiempo Muestra el valor del intervalo y las divisiones de tiempo asignadas para la gráfica de curvas de tendencia de las variables.
4. Eje Y Escala de unidades de ingeniería Muestra el valor del intervalo y las divisiones de unidades de ingeniería asignadas para la gráfica de curvas de tendencia de las variables, dependiendo del tipo que sean, así por ejemplo m/s o rpm para velocidades y °C para temperaturas.

**Operación.-** La operación de esta sub pantalla consiste en tres partes fundamentales:

- 1.- Configuración de escala de los ejes tanto para las unidades de tiempo como para las unidades de ingeniería:

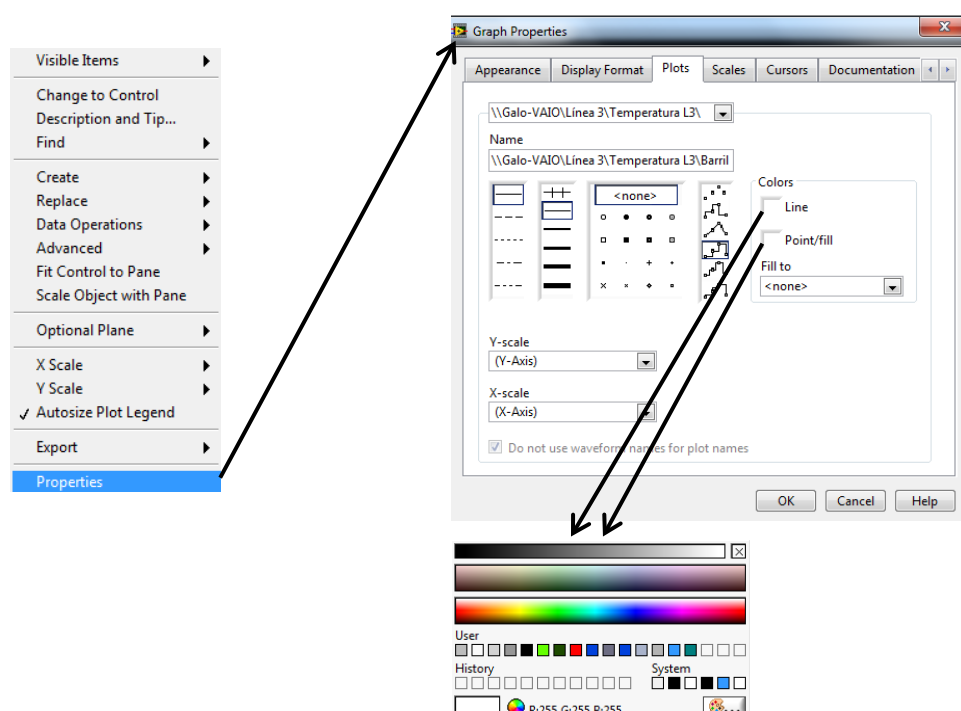
Una vez iniciado el sistema, se ingresa a la pantalla de “históricos”, se da un clic derecho sobre el gráfico y se selecciona la opción:”Y Scale” y luego “Properties”.



En esta ventana “Graph properties”- “Scales”, se configuran todas las opciones de las escalas de los ejes (valores máximos y mínimos, escala lineal o logarítmica, etc).

## 2.- Configuración de líneas de tendencia.

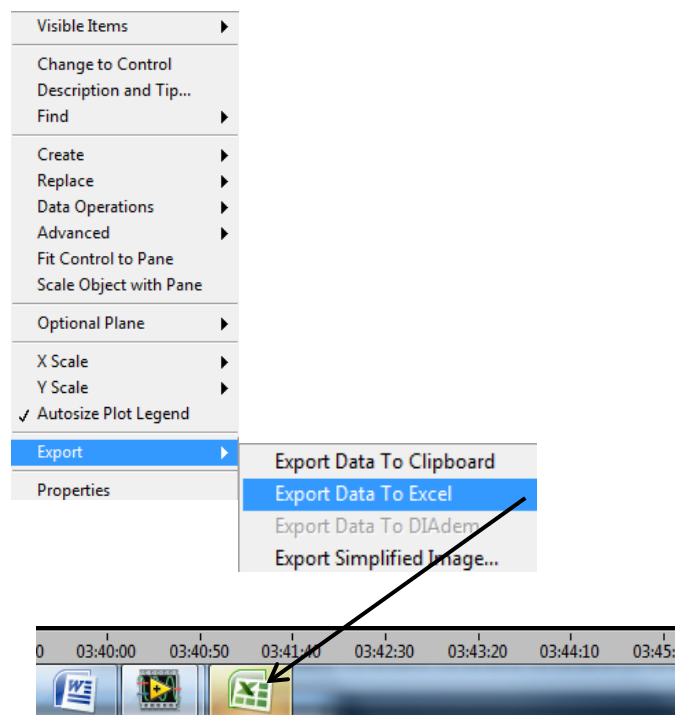
Dentro de la pantalla de “históricos”, se da un clic derecho sobre el gráfico y se selecciona la opción:”Properties” y luego se selecciona la pestaña de “Plot”.



En esta ventana “Graph properties”- “Plot”, se configuran todas las opciones de las curvas de tendencia (Tipo de curva, colores, leyendas, grosores de línea, etc).

### 3.- Exportación de datos históricos generados a Excel.

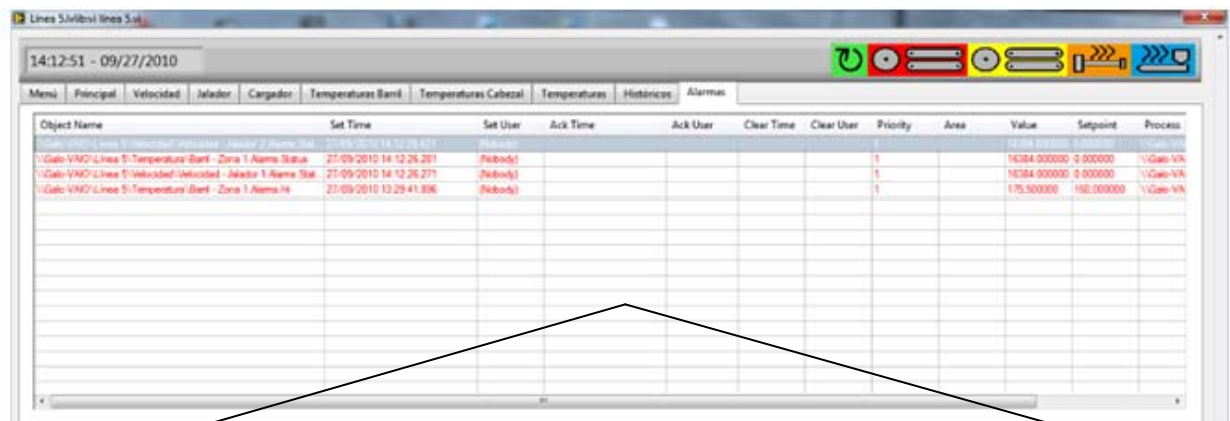
Para enviar los datos generados a Excel, simplemente, luego de haber realizado las configuraciones anteriores, se selecciona una sección de la gráfica y se da clic derecho, luego se selecciona la opción “Export” y “Export data to Excel”. Automáticamente se genera un archivo de Excel, conteniendo toda la información seleccionada.





# 13

## ALARMAS



Object Name	Set Time	Set User	Ack Time	Ack User	Clear Time	Clear User	Priority	Area	Value	Setpoint	Process
1-Gato-VINO/Línea 5/Temperatura/Barril - Zona 1 Alarma Status	27/09/2010 14:12:26.872	(Nobody)					1		14384.000000	0.000000	1-Gato-VIN
1-Gato-VINO/Línea 5/Velocidad/Velocidad - Relator 1 Alarma Stat	27/09/2010 14:12:26.271	(Nobody)					1		14384.000000	0.000000	1-Gato-VIN
1-Gato-VINO/Línea 5/Temperatura/Barril - Zona 1 Alarma H6	27/09/2010 13:29:41.896	(Nobody)					1		175.500000	160.000000	1-Gato-VIN

Object Name	Set Time	Priority	Value	Setpoint	Process	Description	Ack Comment

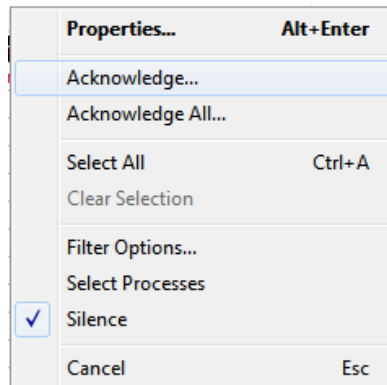
### Función.-

- Monitorear y verificar el estado de las alarmas.
- Determinar en qué dispositivo y a qué hora se produjo una alarma específica.
- Realizar el reconocimiento de las alarmas producidas.

**Operación.-** La operación de esta sub pantalla consiste principalmente en realizar el reconocimiento de las alarmas específicas producidas.

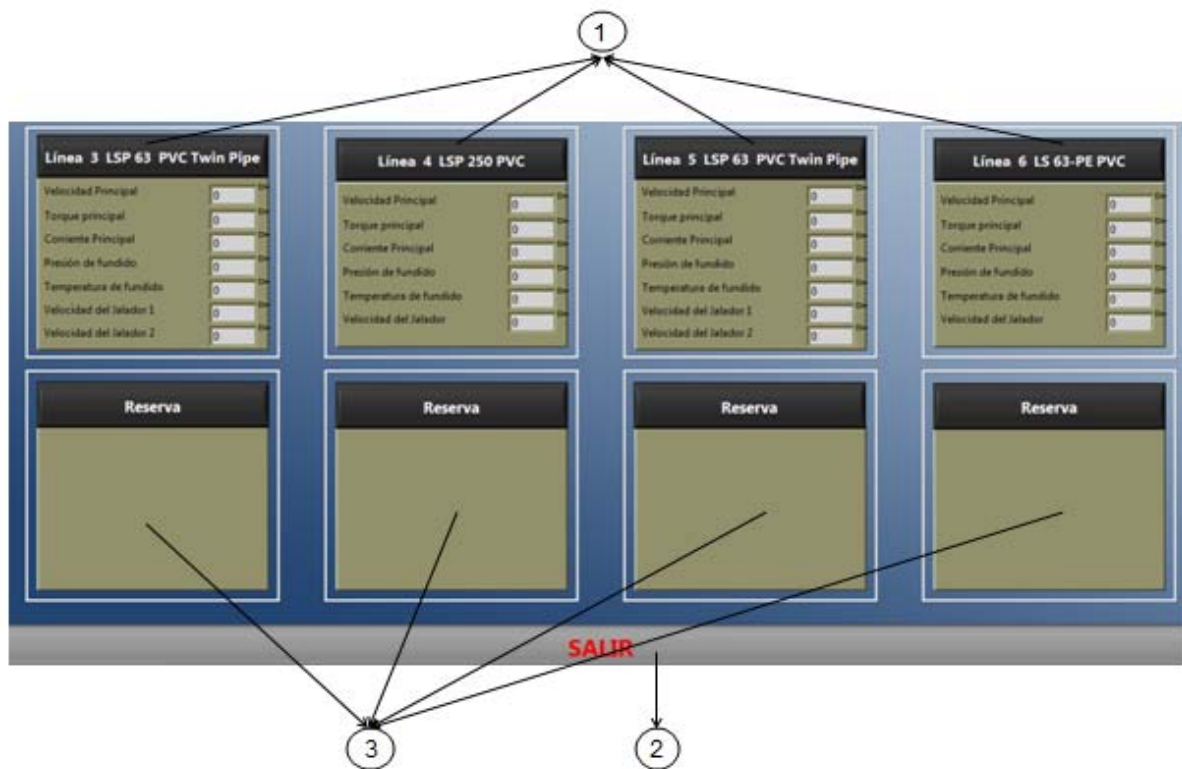
Adicionalmente se pueden configurar una serie de opciones relacionadas a las alarmas, para esto, se debe dar clic derecho en la cartilla de las alarmas.

En la ventana que se despliega se pueden seleccionar diferentes alternativas para su configuración. Así:



# 13

## RESUMEN



### Función.-


- Monitorear de una manera global todas las variables principales de todas las máquinas que forman parte del sistema SCADA.

### Indicadores.-

1. Botones de acceso directo a las líneas Controlan el acceso a la información y configuración de parámetros de cada una de las líneas integradas dentro del sistema.
2. Botón para salir del sistema.

3. Espacios de reserva Constituyen espacios, los cuales están destinados para la programación de equipos que se requieran integrar al sistema a futuro.

**Operación.-** Al accionar los botones que contienen el nombre de cada una de las líneas, se accederá directamente a las pantallas de configuración de las variables de dicha línea de producción.

Al accionar el botón  se cierra el sistema, por lo cual se debe ingresar nuevamente siendo necesario el ingreso del nombre de usuario y contraseña. (Ver página 3).